



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

Lapuanjoen pengerrysalueen tulvasuojelukäytännön muutoksen kustannushyötytarkastelu

Meri Rinta-Piirto

Ympäristötekniikka

Diplomityö

Lokakuu 2017



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

Lapuanjoen pengerrysalueen tulvasuojelukäytännön muutoksen kustannushyötytarkastelu

Meri Rinta-Piirto

Ohjaaja(t): Anna-Kaisa Ronkanen, Sari Yli-Mannila, Mika Savolainen

Ympäristötekniikka

Diplomityö

Lokakuu 2017

TIIVISTELMÄ

OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö)		Pääaineopintojen ala (lisensiaatintyö)	
Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Tekijä		Työn ohjaaja yliopistolla	
Rinta-Piirto, Meri		Ronkanen A-K, yliopistonlehtori	
Työn nimi			
Lapuanjoen pengerrysalueen tulvasuojelukäytännön muutoksen kustannushyötytarkastelu			
Opintosuunta	Työn laji	Aika	Sivumäärä
Vesi- ja yhdyskuntatekniikka	Diplomityö	Lokakuu 2017	104 s., 6 liitettä.
Tiivistelmä			
<p>Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää kuinka hyvin Lapuanjoen pengerrysalueet toimivat suurien tulvien vedenkorkeuspiikkien leikkaamisessa ja miten pengerrysalueita voidaan käyttää tulvasuojeluun tehokkaammin. Pengerrysalueet suojaavat Lapuan keskustan pohjoispuolella olevia alavia peltoalueita kerran 20 vuodessa toistuvilta tulvilta. Tätä suuremmilla tulvilla pengerrysalueiden tulvaluukut avataan, jolloin tulvavesiä päästetään pengerrysalueiden pelloille. Näin saadaan suojeltua Lapuan kaupungin rakennukset kastumiselta. Pengerrysalueelle päästetyt vedet pumpataan pois maanviljelijöiden kustannuksella, joten heidän kannaltaan kaikki ylimääräinen tulvaluukuista tullut vesi on liikaa. Toisaalta Lapuan kaupunki ja Lapuan jätevedenpuhdistamo voivat joutua tekemään isoja investointeja, mikäli joen vedenpinnan annetaan nousta liikaa nykyistä tulvarajaa korkeammaksi. Pengerrysalueiden käytön optimointi on tärkeää, ettei eri osapuolille aiheudu turhia kustannuksia.</p> <p>Tutkimus perustui konsultin tekemään tulvamallinnukseen (HEC-RAS –ohjelma), joka rakennettiin nykyisistä tulvakartoituksista poiketen muuttuvan virtaaman mallilla. Lisäksi mallinnuksessa otettiin pengerrysalueet tarkemmin huomioon kuin aiemmissa tulvakartoituksissa. Näin tuloksien pitäisi mallintaa nykyisiä tulvakartoituksia paremmin todellista tulvatilannetta. Virtausmallinnusten pohjalta rakennettiin ArcMap-ohjelmalla uudet tulvakartoitukset valituille tarkastelutilanteille. Tulvakartoitukseen otettiin mukaan uusimmat mittaukset ja tiedot alueelta tarkasteltavista riskikohteista.</p> <p>Kustannustarkastelu tehtiin kahdelle samanlaiselle tulvalle, mutta tarkasteltavilla tilanteilla pengerrysalueiden tulvaluukkujen avauskorkeudet olivat erilaiset. Näin saadaan tietoa, miten tulva vesi leviää kartoitetulla alueella näissä eri tilanteissa ja kuinka kustannukset muuttuvat tulvaluukkujen avauskorkeuden muuttuessa. Kustannustarkasteluun otettiin huomioon ne riskikohteet, jotka ovat eri asianosaisten kannalta tärkeitä. Kustannustarkastelussa otettiin huomioon myös tulvan ajankohdan vaikutus kustannuksiin kevät- ja syystulvilla.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena saatiin kattava selvitys siitä, millaisia vaikutuksia pengerrysalueen käytön muutoksilla on tulvan leviämiseen tarkastellulla alueella. Lisäksi saatiin arvio siitä, mikä pengerrysalueiden käyttötapo olisi kustannushyötytarkastelun perusteella ihanteellisin. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella tarkasteltujen tilanteiden kaltaisissa tulvatilanteissa olisi edullisinta jättää pengerrysalueen käyttö nykyisen kaltaiseksi. Tutkimuksessa huomattiin kuitenkin, että luotettavien tulosten saamiseksi olisi tutkittava useampia erilaisia tulvatilanteita. Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää myöhemmin Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen toteuttamassa varsinaisessa Lapuanjoen pengerrysalueiden muutoksen toimenpidesuunnitelmassa ja lupahakemuksessa. Käytettyä uutta muuttuvan virtaaman tulvamallinnusta sekä tarkemman tulvakartoituksen menetelmää voidaan jatkossa käyttää yleisesti, kun nykyisiä tulvakartoituksia aloitetaan päivittämään koko Suomessa.</p>			
Muita tietoja			

ABSTRACT FOR THESIS

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis)		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Master degree in Environmental engineering			
Author		Thesis Supervisor	
Rinta-Piirto, Meri		Ronkanen A-K, University Lecturer	
Title of Thesis			
Cost benefit examination caused by chances in flood protection methods in terracing area in Lapuanjoki river			
Major Subject	Type of Thesis	Submission Date	Number of Pages
Water and Environmental	Master's Thesis	October 2017	104 s., 6 app.
Abstract The purpose of this thesis was to examine how well the terracing areas of Lapuanjoki river can reduce spikes of flood heights and how these terracing areas can be used more effectively to flood protection. The terracing areas protect large low-lying field areas in the north from centre of Lapua from floods that appears once in 20 years. When the flood is bigger than that, flood gates are opened and the floodwater flows to the fields (flood plain). That is how the buildings in the centre of Lapua can be protected from flood. Flooded waters have to be pumped out of the terracing areas by the local farmers causing cost for them. On the other hand, the city center of Lapua and the wastewater treatment plant of Lapua need to do large investments if water height is let to rise too high. Optimization of the use of terracing areas is very important so that there are no unnecessary costs to any party. The study was based on flood modeling done by a consultant with HEC-RAS programme. Flood model was improved since the previous version as discharge changes along time was considered in the new modeling, which was also more accurate than previous version. All this enable more realistic flood simulation. After modelling flood maps were created with ArcMap programme based on two scenarios of the flood model and the newest data available. Cost examination is made for two same amount of flood but there is difference between the opening heights of flood hatches in scenarios. With these scenarios can be examine how flood waters spread on the area in different situations and how costs are changing when opening heights are changing. The subjects that are taken under observation are important for the parties in that area. Also the date of flood is taken into account of cost by examination of spring and fall floods. The result of this thesis gave information how chances in the use of terracing areas has impact on flood water spreading in the flood plain. Estimation of the best using method for terracing areas was made based on the cost examination. The results of this thesis was that in the situation that were examined it is more profitable to leave the using method of terracing areas in present usage. In this theses were also noticed that there need to be done more examination of different kinds of flood situations to get more reliable results for the change of using method of terracing areas. The results of this thesis can be in plan and licence application of the changes of Lapuanjoki river terracing areas in the future. The improved flood model and the more accurate flood mapping method can be applied when current flood maps will be further updated in Finland.			
Additional Information			

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen ympäristöpuolen Vesistöyksikölle. Kiitos, kun sain näin mielenkiintoisen diplomityöaiheen! Erityiskiitos työn ohjauksesta kuuluu Sari Yli-Mannilalle ja Mika Savolaiselle. Kiitos myös kaikille muille minua työssäni avustaneille ja opastaneille Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen työntekijöille! Erityismaininnan ansaitsevat heistä kuitenkin vielä Juhani Huhtamäki, Jenni Mäkelä ja Katja Haukilehto.

Lisäksi iso kiitos työssäni avustaneille Suomen ympäristökeskuksen työntekijöille, erityisesti Mikko Sanelle ja Antti Parjanteelle. He auttoivat minua merkittävästi tulvakartoituksiin ja rakennuskustannuksiin liittyen. Anna-Kaisa Ronkanen ansaitsee kiitoksen työn valvomisesta ja neuvoista työn sisällön ja rakenteen osalta. Kiitos myös yhteistyöstä Lapuan kaupungin ja Lapuan jätevedenpuhdistamon työntekijöille.

Lopuksi haluan antaa lämpimän kiitoksen koko opiskeluaikaisesta kannustuksesta ja tuesta perheelleni, ystäväilleni ja Tuomakselle.

Seinäjoella, 13.10.2017 Meri Rinta-Piirto

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	9
2 TULVA	11
2.1 Tulvatyytit	11
2.2 Tulviin varautuminen	12
2.3 Tulvakartat	12
2.4 Tulvien hallinta	14
2.5 Tulvien aiheuttamat vahingot.....	16
2.6 Toistumisaika ja todennäköisyys	17
2.7 Ilmastomuutos	18
3 LAPUANJOEN VESISTÖALUE.....	20
3.1 Valuma-alue	20
3.2 Lapuanjoki.....	23
3.3 Virtaamat ja vedenkorkeus.....	24
3.4 Sääolot.....	29
3.5 Ilmastomuutos	30
3.6 Merkittävät tulvat	31
3.7 Tulvasuojelutoimenpiteet	32
3.8 Lapuanjoen pengerrysalue	32
3.9 Merkittävä tulvariskialue	35
3.10 Tulvariskien hallintasuunnitelma	36
4 PENGERRYSSALUEEN TULVARISKIKOhteet	37
4.1 Maankäyttö.....	37
4.2 Rakennukset	39
4.3 Kulttuuriperintö.....	43
4.4 Jätevedenpuhdistamo	43
4.5 Liikenneverkosto.....	45
4.6 Sähkön- ja tietoliikenteenjakelu	47
5 VIRTausmallinnuksen Päivitys	48
5.1 Päivitetyt virtausmallin havainnot.....	53
5.2 Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan mallinnus.....	54
5.3 Nykyisen ja päivitetyn virtausmallin vertailu	57
6 TULVAKARTOITUKSEN Päivitys	59
7 TULVAVAHINKOJEN KUSTANNUKSET	63

7.1 Vahinkokustannuksia aiheuttavat tekijät.....	63
7.1.1 Rakennukset.....	63
7.1.2 Viljelysmaat.....	67
7.1.3 Pengerrysalueet ja pumppaamot	68
7.1.4 Kulttuuriperintö	69
7.2 Vahinkokustannusten määrittäminen	72
7.2.1 Rakennukset.....	72
7.2.2 Viljelysmaat.....	74
7.2.3 Pengerrysalueet ja pumppaamot	77
7.2.4 Kulttuuriperintö	82
8 TULVAHALLINNAN KUSTANNUKSET.....	83
8.1 Tulvahallinnan kustannuksia aiheuttavat tekijät	83
8.1.1 Jätevedenpuhdistamo	83
8.1.2 Viemäri- ja sadevesiverkosto.....	86
8.2 Tulvahallinnan kustannusten määrittäminen	87
8.2.1 Jätevedenpuhdistamo	87
8.2.2 Viemäri- ja sadevesiverkosto.....	87
9 KOKONAISKUSTANNUKSET	89
9.1.1 Nykyavauskorkeuden tulvatilanne.....	89
9.1.2 Lisäavauskorkeuden tulvatilanne.....	89
9.1.3 Kokonaiskustannusten vertailu	90
10 TULOJEN TARKASTUS	93
10.1 Tulvamallinnuksen ja -kartoituksen virhelähteet	94
11 YHTEENVETO	97
LÄHDELUETTELO	100

LIITTEET:

Liite 1. Lapuanjoen vesistöalueen tulvariskien hallinnan toimenpiteet

Liite 2. Lapuanjoen vesistöalueen keskeiset vedenkorkeudet ja virtaamatiedot

Liite 3. Päivitetyn virtausmallin virtaamat

Liite 4. Päivitetyn virtausmallin maksimivedenkorkeuksia

Liite 5. Lapuan jätevedenpuhdistamo

Liite 6. Kulttuurikeskus Vanha Paukku

MERKINNÄT JA LYHENTEET

ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Lisäavauskorkeus	Päivitetystä virtausmallinnuksessa, päivitetystä tulvakartoituksessa ja kustannusarvioissa kerran 100 vuodessa toistuvan tulvatilanteen tulvaluukkujen korotetun avauskorkeuden ($N_{60} + 28,74$ m) tarkastelutilanne.
Nykyavauskorkeus	Päivitetystä virtausmallinnuksessa, päivitetystä tulvakartoituksessa ja kustannusarvioissa kerran 100 vuodessa toistuvan tulvatilanteen tulvaluukkujen nykyisen luvan mukaisen avauskorkeuden ($N_{60} + 28,54$ m) tarkastelutilanne.
Nykyinen virtaama-mallinnus/tulvakartoitus	Tasaisen virtaaman virtausmallinnus ja sen perusteella vuonna 2013 tehty, tällä hetkellä yleisesti käytössä oleva, tulvakartoitus.
Päivitetty virtaama-mallinnus/tulvakartoitus	Muuttuvan virtaaman virtausmallinnus ja sen perusteella tässä diplomityössä kustannushyötytarkastelua varten tehty tulvakartoitus.
RHR	Valtakunnallinen Rakennus- ja huoneistorekisteri
SYKE	Suomen ympäristökeskus

1 JOHDANTO

Tulvat ovat koetelleet Pohjanmaan alavia peltoalueita kautta aikojen. Tulvat ovat olleet hyvin yleisiä ja niistä aiheutuneet vahingot ovat olleet välillä vakavia. Tulvia on siksi pyritty hallitsemaan monin keinoin ja yleisten tulvien aiheuttamat ongelmat on pystytty torjumaan aika hyvin. Ilmaston muuttuessa talvet ovat olleet vähälumisempia ja sade- sekä lämpötilaolosuhteet erilaisia kuin aiemmin. Siksi on ajankohtaista tarkastella, ovatko tulvasuojelutoimenpiteiden periaatteet ajankohtaisia sekä tehokkaita myös nykytilanteen tulvatilanteiden torjumiseen.

Lapuanjoen pengerrysalueen penkereet ovat alun perin rakennettu suojelemaan alueen valtavia alavia peltoalueita yleisiltä ja melko yleisiltä tulvatoistuvuuksilta. Näin on voitu turvata alueelle tärkeän elinkeinon, maatalouden onnistuminen. Läheiset taajama-alueet, esimerkiksi Lapuan kaupunki, ovat kuitenkin myös aika matalalla Lapuanjoen korkeuteen nähden ja näin ollen alttiita tulville. Lapuan taajaman rakennuksia suojellaan kastumiselta avaamalla pengerrysalueen luukut luvan mukaisesti, kun vedenkorkeus uomassa on korkeampi kuin miltä tulvatoistuvuudelta peltoalueita suojellaan. Vuonna 2013 esiintyneessä tulvassa tulvaluukut avattiin luvan mukaisesti vain muutamaksi tunniksi, vaikkei tulva loppujen lopuksi noussut juurikaan melko yleistä tulvaa suuremmaksi. Muutaman tunnin tulvaluukkujen avaus aiheutti kuitenkin merkittäviä kustannuslisäyksiä alueen maanviljelijöille tulvavesien poispumppauksen takia. Maanviljelijöiden etuna olisi, jos tulvavesiä ei päästettäisi pengerrysalueelle ollenkaan, mutta toisaalta kaupungin etu olisi, jos vedenpintaa ei päästettäisi nousemaan uomassa nykyistä korkeammalle. Molemmista vaihtoehdoista aiheutuu toiselle merkittäviä kustannuksia ja haittoja, kun toiselle aiheutuisi säästöjä ja hyötyjä.

Tässä diplomityössä toteutettiin Lapuanjoen tulvariskien hallintasuunnitelman vuosille 2016–2021 vaatima selvitys, jossa Lapuanjoen pengerrysalueen käytön muutoksen hyödyt ja haitat tulee tarkastella (toimenpide 6.1). Liitteestä 1 voi nähdä tarkemmin suunnitteilla olevat toimenpiteet. Selvitystä tullaan myöhemmin hyödyntämään Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen tekemässä varsinaisessa toimenpidesuunnitelmassa ja lupahakemuksessa. Tarkoituksena oli selvittää kuinka hyvin pengerrysalueet toimivat suurien tulvien vedenkorkeuspiikkien leikkaamisessa ja miten pengerrysalueita voisi käyttää tulvasuojeluun tehokkaimmin.

Tutkimus aloitettiin konsultin HEC-RAS -ohjelmalla toteuttamalla tulvamallinnuksella, joka toteutettiin nykyisistä tulvakartoituksista poiketen muuttuvan virtaaman mallilla. Näin saadut tulokset simuloivat aikaisempia tulvakartoituksia paremmin todellista tulvatilannetta. Mallinnusten pohjalta rakennettiin ArcMap-ohjelmalla uudet tulvakartoitukset valituille tarkastelutilanteille. Päivitettyihin tulvakartoituksiin otettiin mukaan uusimmat saatavilla olevat mittaukset ja tiedot alueelta tarkasteltavista riskikohteista. Tutkimuksen tuloksena saatiin kattava selvitys siitä, millaisia vaikutuksia pengerrysalueen käytön muutoksilla oli ja mikä käytötapa olisi kustannushyötytarkastelun perusteella optimaalisin.

2 TULVA

Tulva on vesistöjen luontainen ilmiö, joka johtuu sää- ja vesistöolosuhteista. Sillä tarkoitetaan tilannetta, jolloin normaalisti kuivana pysyvä maa jää väliaikaisesti veden alle (Ilmasto-opas 2015). Keväisin vesistötulvat aiheutuvat pääosin lumien sulamisesta sekä jääpadoista, muulloin runsaiden sateiden vaikutuksesta. Maaston muodoilla, maankäytöllä ja vesitilanteella on merkittävä rooli tulvan laajuuteen ja keston. Vähäinen järvisyys lisää tulvaherkkyyttä. Järviaaltaat ovat luonnollisia vesivarastoja, joten niillä on tulvahuippuja vaimentava vaikutus. Tulvilla on tärkeä merkitys vesi- ja rantaluonnon monimuotoisuudelle mutta ne saattavat aiheuttaa myös vahinkoa ihmisille, ympäristölle ja taloudelliselle toiminnalle. Tulvien aiheuttamia vahinkoja voidaan pienentää erilaisilla tulvariskien hallinnan toimenpiteillä. (SYKE 2017a)

2.1 Tulvatyypit

Tulvat voidaan yleisesti jakaa kolmeen eri tyyppiin, vesistötulvat, merivesitulvat ja hulevesitulvat. Vesistötulvat kehittyvät Suomessa pitkien sadejaksojen tai lumen sulamisen seurauksena. Lumen sulamisen aiheuttamat kevättulvat ovat Suomessa esiintyviä yleisimpiä vesistötulvia. Jää- ja hyidepadot voivat aiheuttaa tulvavaaraa talviaikaan, mutta muina vuodenaikoina tulvien aiheuttajana ovat yleisimmin runsaat vesisateet. (SYKE 2013)

Merivesitulvat aiheutuvat myrskyjen ja muiden vedenkorkeutta nostattavien tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Merenpintaa nostavia tekijöitä ovat tuuli ja ilmanpaine sekä Suomessa virtaus Tanskan salmien läpi ja talvella merijään kattavuus. (SYKE 2013) Kun nämä tekijät vaikuttavat sopivasti yhtä aikaa, Suomessa merenpinta voi nousta merkittävästi aiheuttaen tulvavahinkoja. Muualla maailmassa lisäksi hirmumyrskyt ja esimerkiksi hurrikaanit voivat aiheuttaa merivesitulvia. Suomessa Itämeren rannikkoalueet ovat merivesitulville alttiita alueita. Ilmastonmuutoksen myötä merenpinta nousee, mutta menneellä vuosisadalla Suomessa maankohoaminen on kompensoinut tätä muutosta. Merennousun kiihtymisen myötä tämä tilanne saattaa muuttua ja uusimpien arvioiden mukaan Suomen etelärannikolla merenpinnan nousu saattaa olla nopeampaa kuin maanpinnan kohoaminen. Pohjanlahden pohjoisosissa maankohoaminen vaikuttaisi pysyvä tulevaisuudessa voimakkaampana merenpinnan nousuun nähden. (Ilmatieteen laitos 2017a)

Hulevesitulvat ovat rakennetuilla alueella maanpinnalle kerääntyvien sade- ja sulamisveden aiheuttamia tulvia. Rankkasateen aiheuttama hulevesitulva alkaa nopeasti ja on lyhykestoinen sekä monesti melko paikallinen. Tiheästi rakennetuilla alueilla purot, ojat ja kadut voivat tulvia sadevesiviemäreiden kapasiteetin ylittyessä. (SYKE 2013) Esimerkiksi vuoden 2016 syyskuussa tulvavedet kakaisivat teitä Helsingissä ja Espoossa, kun kuukauden keskimääräinen sademäärä satoi kerralla (Helsingin Sanomat 2016).

2.2 Tulviin varautuminen

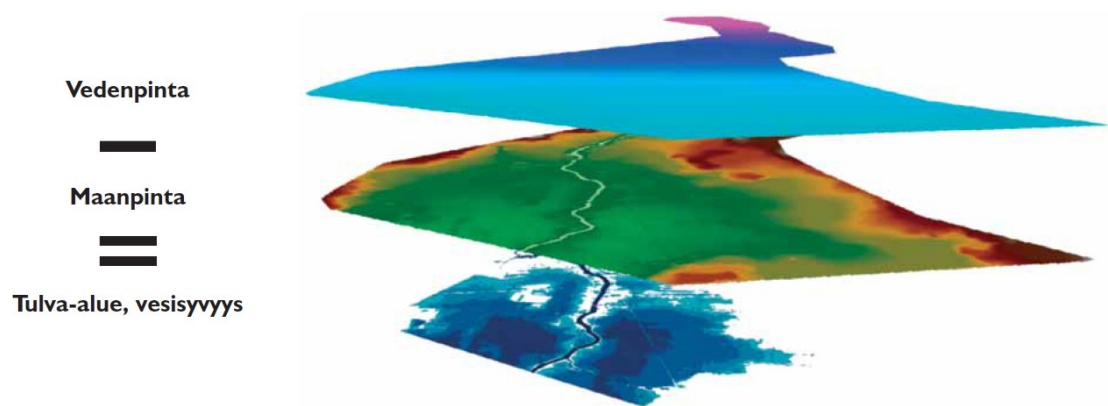
Tulvilla voi olla vahingollisia seurauksia ympäristölle, terveydelle, turvallisuudelle, yhteiskunnan infrastruktuurille ja taloudelliselle toiminnalle sekä kulttuuriperinnölle. Jotta näihin seurauksiin voitaisiin varautua ja tulvista aiheutuvia riskejä voitaisiin vähentää, täytyy suunnitella ja toteuttaa tulvariskien hallinnan toimenpiteitä. (Ilmasto-opas 2015) Tulvariskien hallinnasta on annettu laki (620/2010), jossa on neljännessä pykälässä määritelty ELY-keskusten tehtävät. Siihen kuuluu tulvariskien hallinta sekä erilaiset toiminnot tulvien estämiseksi ja tulvatilanteessa.

Tulvariskien hallinnan suunnittelu sisältää kolme vaihetta: tulvariskien alustava arviointi, tulvavaara- ja tulvariskikarttojen laatiminen sekä tulvariskien hallintasuunnitelman tekeminen. ELY-keskukset arvioivat tulvariskit, jonka jälkeen kunnat, toiminnanharjoittajat ja kansalaiset saavat esittää omia mielipiteitään arvioista. Tämän kuulemisen jälkeen tehdään tarvittavat tarkistukset, jonka jälkeen Maa- ja metsätalousministeriö nimeää merkittävät tulvariskialueet ehdotusten mukaisesti sekä tulvaryhmät niille. Merkittävälle tulvariskialueille laaditaan tämän jälkeen tulvavaara- ja tulvariskikartat, joissa on esitettyä tulvan leviämisaalueet ja mahdolliset vahingot. Tulvariskien hallintasuunnitelma kootaan ELY-keskusten toimesta sidosryhmien kanssa yhteistyössä. Tavoitteena on estää tai vähentää tulvariskejä erilaisilla tulvariskien hallinnalla ja toimenpiteillä. Suunnitelmat tullaan tarkistamaan lakisääteisesti kuuden vuoden välein. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 7)

2.3 Tulvakartat

Tulvavaarakartta kuvaa tulvan peittävää aluetta sekä alueella olevia tulvasta aiheutuvia vaaran asteita. Vaaran asteena käytetään yleensä vesisyvyyttä, mutta myös virtausnopeutta, edellisten yhdistelmää tai tulvan leviämisenopeutta. Tulvavaarakartta

tehdään yleensä malleilla, jotka perustuvat vedenpinnan ja maanpinnan korkeusmalleihin. Tulva-alueiden vesisyvydet saadaan, kun jokaisesta uoman tai muun tulva-alueen virtaussuuntaan kohtisuorassa olevasta poikkiviivasta interpoloidut vedenpinnan korkeusmallit vähennetään maanpinnan korkeusmallista. Poikkiviivat kuvaavat vedenpinnan korkeusasemaa kyseisellä kohdalla tietyissä tulvatilanteissa, joten se on kuin vedenpinnan korkeuskäyrä. Kuva 1 havainnollistaa tulvamallinnusta. Tulvariskikartta voidaan laatia, mikäli tulva voi aiheuttaa merkittäviä vahinkoja. Tulvariskikartan pohjana on tulvavaarakartta sekä paikkatietoaineistot, jotka kuvaavat alueella olevia tulville alttiita kohteita. Riskin suuruus muodostuu vaaran asteen ja haavoittuvuuden tulona, jossa haavoittuvuutena käytetään henkilömääriä, tärkeitä toimintoja, vaikeasti evakuoituvia rakennuksia, taloudellisia vahinkoja ja ympäristövahinkoja. (Sane ym. 2006, s. 10, 54)



Kuva 1. Tulvavaarakartan laatiminen tulvamallinnuksella. (Sane ym. 2006, s. 55)

Herkästi tulviville alueille laadituista tulvakartoista voidaan nähdä tulvavaara-alueet eri tulvan todennäköisyyksillä. Asuinrakennuksia ei tulisi sijoittaa alueelle, jolle harvinainen tulva nousee kerran sadassa vuodessa. Tulvakartat eivät kata koko Suomea, mutta kokemuseräinen tulvatieto täydentää tulva-aineistoa. Vuonna 2015 ELY-keskukset ovat nimenneet 21 merkittävää tulvariskialuetta, joista 17 on sisämaassa ja neljä merenrannikolla. Näiden lisäksi on tunnistettu myös muita tulvariskialueita. (SYKE 2015) Muut tulvariskialueet eivät täytä merkittävän tulvariskialueen kriteerejä, mutta alueen muut ominaisuudet tekevät siitä kuitenkin tulvariskialueen. Esimerkiksi Lapuanjoen tulvariskialueella muuna tunnistettuna riskialueena on Uusikaarlepyy tiheään asutuksen sekä merkittävien kulttuuri- ja ympäristökohteiden takia. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 70)

Tulvariskien hallinnan suunnittelun yhteydessä määritetyissä tulvariskikartoissa esitetään asukkaiden arvioitu määrä, erityiskohteet kuten sairaalat, infrastruktuuri, yhteiskunnan elintärkeät taloudelliset toiminnot, äkillistä pilaantumista aiheuttavat kohteet, kulttuuriperintökohteet sekä muut tulvista vaarantuvat kohteet. Tulva-alueella olevaa asukasmäärää kuvataan 250 m tulvariskiruuduittain, jotka on laskettu tulvavaaravyöhykkeiden sekä Valtakunnallisen Rakennus- ja huoneistorekisterin (RHR) rakennuspisteiden päällekkäisanalyysillä. Vastaavasti infrastruktuuriin kuuluvat tulvan peittämät tiet on määritetty tulvavaaravyöhykkeitä ja Digiroad-aineistoa käyttämällä. Muut kohteet on lisätty kartalle erikseen pisteinä erilaisilla symboleilla kuvattuna. (SYKE 2017b)

2.4 Tulvien hallinta

Tulvia ja niistä aiheutuvia riskejä voidaan hallita monella tavalla. Uusien tulvariskikohteiden syntyminen voidaan estää, jolloin suojeltavia kohteita ei muodostu enempää. Uusien tulvariskien syntymisen estäminen onnistuu esimerkiksi oikeanlaisella maankäytön suunnittelulla, kuten määräämällä alimmat rakennuskorkeudet. Näin uusia taloja ei rakenneta mahdolliselle todetulle tulva-alueelle. Tulvia voidaan myös torjua käyttämällä erilaisia tulvasuojelurakenteita ja toimenpiteitä, jotka voivat olla joko tilapäisiä tai pysyviä. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset tulvaseinämät ja maavallit. Tulvasuojelurakenteilla pystytään minimoida tulvista aiheutuvia kustannuksia, jos tulvavesi nousee normaalia tulvatasoa korkeammaksi. Pysyviä tulvasuojeluratkaisuja käytetään yleisien tai paljon haittaa tekevien tulvien torjumiseen ja tilapäisiä rakenteita harvinaisempien tulvien aiheuttamien vahinkojen torjumiseen. Tulvasuojelurakenteilla voidaan ympäröidä suojeltava kohde kokonaan tai vain tarvittavan alueen osalta. Tulviin varautumisella erilaisilla ennakoivilla toimenpiteillä ja tulvatilanteen toiminnoilla voidaan lisätä tulvien hallintaa. Alueen asukkaita on tärkeää ohjeistaa tulviin varautumisessa ja lisätä tulvatietoutta. (Parjanne ym. 2015, s. 8)

Tilapäisen tulvasuojelurakenteen tulee olla riittävän tiivis ja tarpeeksi korkea. Vesitiiviys voidaan varmistaa muovikalvoilla tai muulla vesieristeellä. Tilapäisen rakenteen on myös kestävä vesimassojen aiheuttamaa räsytystä kaatumatta, siirtymättä ja murtumatta. Monesti tilapäisten rakenteiden olisi hyvä olla nopeasti kasattavia ja helposti siirreltäviä, sillä tulva saattaa nousta yllättäen uhkaavalle tasolle. Tarvittaessa voidaan käyttää

lisäankkurointia tai -painoja, jotta tilapäiset rakenteet pysyvät paikoillaan hankalissa sääoloissa. (Suhonen ja Rantakokko 2006, s. 7)

Tilapäiset tulvasuojelurakenteet voidaan jakaa maarakenteisiin suojavalleihin, siirrettäviin tulvaseiniin, vesi- ja ilmatäytteisiin suojavalleihin sekä ovi- ja ikkuna-aukkojen suojaukseen. Maarakenteisissa suojavalleissa voidaan käyttää perinteisen maavallin tekniikkaa kasaamalla soveltuvaa maa-ainesta penkereeksi. Maa-aineksen on kuitenkin oltava ominaisuuksiltaan huonosti vettä läpäisevä. Perinteisen maavallitekniikan sijaan voidaan käyttää hiekkasäkkivalleja. Tällöin maa-aineksen ei tarvitse olla kuin tarpeeksi hienoa ja säkin materiaalin vedenpitävää. Tällöin säkit muotoutuvat tiiviisti toisiaan ja maanpintaa vasten. Siirrettävät tulvaseinät soveltuvat melko suoralinjaiseen tulvasuojeluun tasaiselle maalle. Muovikalvo rakenteen etupuolella lisää vesitiiviyttä ja painot sekä ankkurit rakenteen paikallaan pysyvyyttä. Siirrettäville suojaseinille voidaan rakentaa kiinteisiin perustuksiin kiinnityspaikat, joihin seinämät ovat nopea tarvittaessa asentaa. Vesi- ja ilmatäytteiset suojavallit toimivat kuten hiekkasäkkivallit, mutta tällöin ei tarvitse siirtää suuria määriä soveltuvaa maa-ainesta suojattaville tulva-alueille. Jos rakennuksen seinät kestävät tulvaveden paineet ja vesivahinkoja ei sitä kautta pääse syntymään, voidaan käyttää pelkästään ovi- ja ikkuna-aukkojen suojausta, joilla estetään veden pääsy sisälle rakennukseen. (Suhonen ja Rantakokko 2006, s. 8-24)

Tulvia voidaan ehkäistä rakentamalla pysyviä rakenteita tulvavesien pidättämiseen vesistön läheisyydessä tai vesistön säännöstelyyn varastointia ja juoksuttamista varten muualla kuin tulva-alueella. Toimenpiteet ovat osa vesistökunnostusta, maisemanhoitoa, luonnon monimuotoisuuden turvaamista ja vesistökuormituksen vähentämistä. Näitä pysyviä rakenteita ovat esimerkiksi tekojärvet, padot ja penkereet, mutta myös jokien ja purojen perkaukset ovat osa tulvahallinnan toimenpiteitä. (Parjanne ym. 2015, s. 9-10)

Patorakenteilla ja tekojärvillä voidaan säännöstellä vesistön luonnollisia vedenkorkeuksia ja virtaamia. Suomessa säännöstelyt on toteutettu pääasiassa vuosina 1950–1970 – luvuilla tulvasuojelun, vesivoiman, vesiliikenteen ja vedenhankinnan tarpeisiin. Samoilla rakenteilla toteutetaan usein useampia eri toimintoja. Esimerkiksi tulvasuojelua ja vesivoiman tuottoa voidaan hallita samalla patorakenteella, mutta näiden toimintojen päämäärät ovat osittain ristiriidassa keskenään. Uomien perkauksella pyritään nopeuttamaan veden virtausta, jolloin vesi poistuu alueelta nopeammin vähentäen

tulvaherkkyyttä kyseisellä alueella. Alueen alapuolisen uoman pitäisi kuitenkin pystyä kuljettamaan sama virtaama eteenpäin, ettei tulva-alue vain siirry uomassa alajuoksulle päin. Perkauksessa uomaa voidaan syventää, suoristaa, pengertää ja kasvillisuutta raivata pois. Näillä toimilla saadaan vesi kulkemaan uomassa paremmin, mutta myös uoman kokoa suurennettua, jolloin sinne mahtuu enemmän vesiä. (Korhonen 2007, s. 21-22)

Tulvien hallinnan valmiustoimilla tarkoitetaan tulvaennusteiden tekemistä sekä tulvavaroitusjärjestelmien käyttöä. Tulvatilanteita myös harjoitellaan, jotta tosi tilanteessa osataan toimia oikein. Tulvatilanteissa suoritetaan toimenpiteitä, joilla pyritään vähentämään tai estämään tulvasta aiheutuvat vahingot. Näitä toimenpiteitä ovat pysyvien tulvasuojelurakenteiden oikea käyttö, tilapäisten tulvasuojelurakenteiden pystytys sekä mahdolliset evakuoinnit. (Parjanne ym. 2015, s. 10)

2.5 Tulvien aiheuttamat vahingot

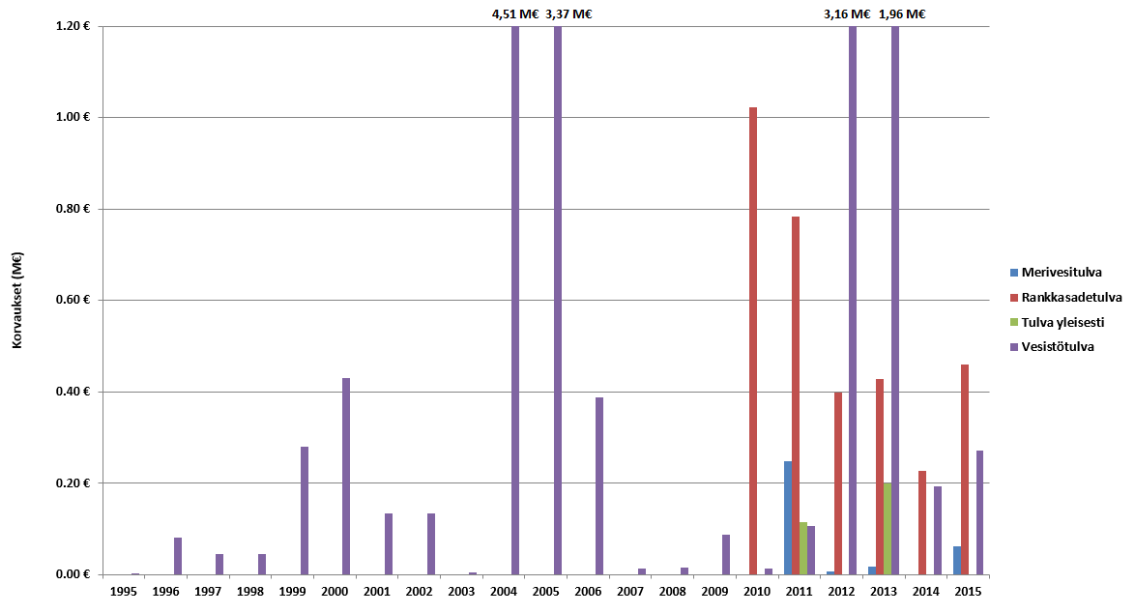
Tulvien aiheuttamat vahingot voivat olla suoria tai epäsuoria, aineettomia tai aineellisia (Taulukko 1). Aineelliset vahingot voidaan lähes aina arvioida rahallisesti ja suorat vahingot aiheutuvat tulvaveden ja vahingoittuvan kohteen kosketuksesta. Aineettomia ja epäsuoria vahinkoja aiheutuu yleensä, kun on ensin tapahtunut aineellinen tai suora vahinko. Esimerkiksi suora vahinko teollisuusrakennukselle voi aiheuttaa epäsuoraa vahinkoa tuotannon keskeytyessä tai aineetonta vahinkoa työmiesten loukkaantuessa. (Parjanne ym. 2014, s. 22)

Taulukko 1. Aineellisten, aineettomien, suorien ja epäsuorien tulvavahinkojen esimerkkejä. (mukaillen Parjanne ym. 2014, s. 23)

	Suora	Epäsuora
Aineellinen	– rakennukset – irtaimisto – infrastruktuuri	– tuotannon keskeytys – pelastustoiminnan kustannukset – liikennehäiriöt
Aineeton	– kuolema – terveysvaikutukset	– tulvan jälkeiset seuraukset – tulvatilanteesta toipuminen

Valtio on maksanut korvauksia tulvien aiheuttamista rakennus- ja irtaimistovahingoista vuoden 2014 ja satovahingoista vuoden 2016 alkuun asti. Nykyään kotivakuutuksiin saatava tulvaturva korvaa poikkeuksellisten tulvien rakennus- ja irtaimistovahingot. Satovahingot korvataan vakuutus pohjaisella korvausjärjestelmällä. Finanssialan keskusliitto ja Suomen ympäristökeskus SYKE kokoavat vuosittain, vuodesta 2010 alkaen, tiedot suurimmilta vakuutusyhtiöiltä maksetuista korvauksista. Kuvassa 2

näkyvät nämä korvaukset ja lisäksi myös valtion maksamat korvaukset vesistötulvien osalta vuosilta 1995–2013. Valtion maksamista korvauksista puuttuvat tiedot irtaimistokorvauksista. Suomessa vesistötulvat ovat merkittävimpiä korvauksia aiheuttava tulvia, mutta vakuutusyhtiöiltä saatavien tarkempien tietojen perusteella myös rankkasateista aiheutuneet korvaukset ovat suuria. (SYKE 2017c)



Kuva 2. Tulvavahinkotilaston valtion ja vakuutusyhtiöiden vuodesta 2010 alkaen maksamat korvaukset (milj. euroa) vuosilta 1995–2015. (SYKE 2017c)

2.6 Toistumisaika ja todennäköisyys

Tulvan toistumisaika ja todennäköisyys kertovan kuinka harvinainen tulva on. Toistumisajalla tarkoitetaan keskimääräistä aikaa, jolloin tietyn suuruinen tai sitä suurempi tulva muodostuu. Toistumisaika on vain arvio, sillä välillä on kuivempia ja välillä kosteampia ajanjaksoja. Toistumisaika lasketaan havaintojen määrän ja havainnon järjestysluvun avulla seuraavalla kaavalla 1

$$Tr = (m + 1)/n \quad (1)$$

missä T_r on toistumisaika
 m on havaintojen määrä
 n on havainnon järjestysluku

Todennäköisyys on prosenttiluku toistumisajasta. Tulvat voidaan näin jakaa yleisistä tulvista aina erittäin harvinaisiin tulviin. Tietyn harvinaisuuden tulvan virtaamat ja vedenkorkeudet määritetään jokaiselle vesistöalueelle erikseen. Alla olevassa taulukossa 2 on tulvien toistumisaikoja ja todennäköisyyksiä sanallisille kuvauksille. (SYKE 2013)

Taulukko 2. Tulvan toistumisajat ja todennäköisyydet. (mukaillen SYKE 2013)

Sanallinen kuvaus	Toistumisaika	Todennäköisyys
Yleinen tulva	< 1/10 vuotta	< 10 %
Melko yleinen tulva	1/20 vuotta	5 %
Melko harvinainen tulva	1/50 vuotta	2 %
Harvinainen tulva	1/100 vuotta	1 %
Erittäin harvinainen tulva	≥ 1/250 vuotta	< 0,4 %

Tulvan toistuminen ja todennäköisyys voidaan määrittää todennäköisyysjakaumia hyödyntämällä vesistön ylivirtaamadatasta. Määrittämisessä voidaan tarkastella myös vedenkorkeuksia. Tarkasteluun valitaan mahdollisimman pitkä ajanjakso, jonka jokaisen vuoden suurin vuorokauden keskivirtaama poimitaan. Tähän havaintodataan sovitetaan jokin todennäköisyysjakauma, jota tarkastelemalla saadaan selville eri toistuvuusaikojen ylivirtaaman suuruus. Suositeltu todennäköisyysjakauma on Gumbelin jakauma. Todennäköisyysjakaumaa voidaan joutua ekstrapoloimaan, jotta saadaan tarpeelliset toistuvuusajat tietoon. Ekstrapolointia ei kuitenkaan tule tehdä pidemmälle kuin kaksi kertaa havaintosarjan pituuden tai sadan vuoden verran eteenpäin. Menneiden tulvien avulla voidaan ennustaa tulevaisuutta vain, jos kaikki tulvia aiheuttavat tekijät pysyvät samoina. Ilmastonmuutoksen myötä ennustukset ovatkin vain suuntaa antavia. Tulvan ennustuksen luotettavuus kärsii, jos havaintoja ei ole tiheästi tai kovin pitkältä ajalta, tai mittauksen luotettavuus on heikko. Vedenkorkeuksissa saattaa olla suuriakin heittoja, jotka eivät vastaa todellista tilannetta, hyydepatojen tai vesistörakenteiden aiheuttaman padotuksen takia. Parhaimmillaan Suomessa on virtaamatietoja 100 vuoden ajalta. (Sane ym. 2006, s. 35-37)

2.7 Ilmastonmuutos

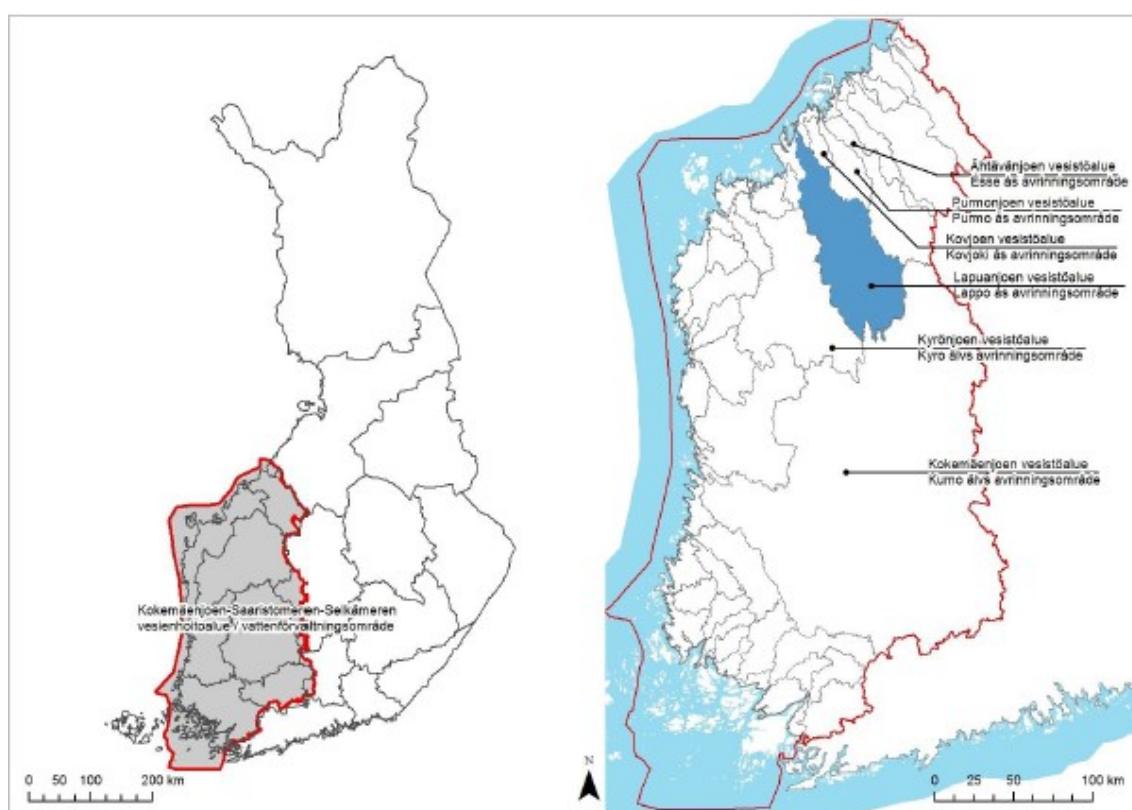
Ilmastonmuutoksella on merkittävä vaikutus vesivaroihin lämpötilojen ja sadannan muuttuessa. On arvioitu, että vuosisadan loppuun mennessä Suomessa keskilämpötila nousee 3-7 °C ja keskisadanta kasvaa 13–26 % (Korhonen 2007, s. 27; Veijalainen ja Vehviläinen 2008, s. 18). Lämpötilojen noustessa lumen osuus vuosisadannasta pienenee, jonka seurauksena sulamisvesien määrä myös pienenee. Talven aikana sateet tulevat

enemmän vetenä, joten talvivirtaamat ja -vedenkorkeudet kasvavat. On myös arvioitu, että kesäisin haihdunta voimistuu, joten kuivuus voi lisääntyä. Syksyisten vesisateiden on ennustettu lisääntyvän. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 40-41)

Ilmastonmuutoksen johdosta tulvien arvioidaan pääosin yleistyvän Suomessa. Kevättulvat pienenevät ja aikaistuvat, mutta syys- ja talvitulvat tulevat lisääntymään ja voimistumaan. Vesistön sijainnilla ja ominaisuuksilla on kuitenkin vaikutusta siihen, miten suuria vesistötulvien muutokset tulevat olemaan. (Ilmasto-opas 2015)

3 LAPUANJOEN VESISTÖALUE

Lapuanjoki sijaitsee Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan maakunnissa. Se kuuluu Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueeseen ja Lapuanjoen vesistöalueeseen (nro 44). Lapuanjoen vesistöaluetta ympäröivät Kimojoen, Kyrönjoen, Kokemäenjoen, Ähtävänjoen, Purmojoen ja Kovjoen vesistöalueet. Alueen tärkeimmät kunnat ovat Kuortane, Alavus, Seinäjoki, Lapua, Kauhava ja Uusikaarlepyy. Vesistöalueen reunamilla on myös pieniä osia Vöyrin, Lappajärven ja Alajärven kuntien alueita. Kuvassa 3 nähdään vesistöalueen sijainti.

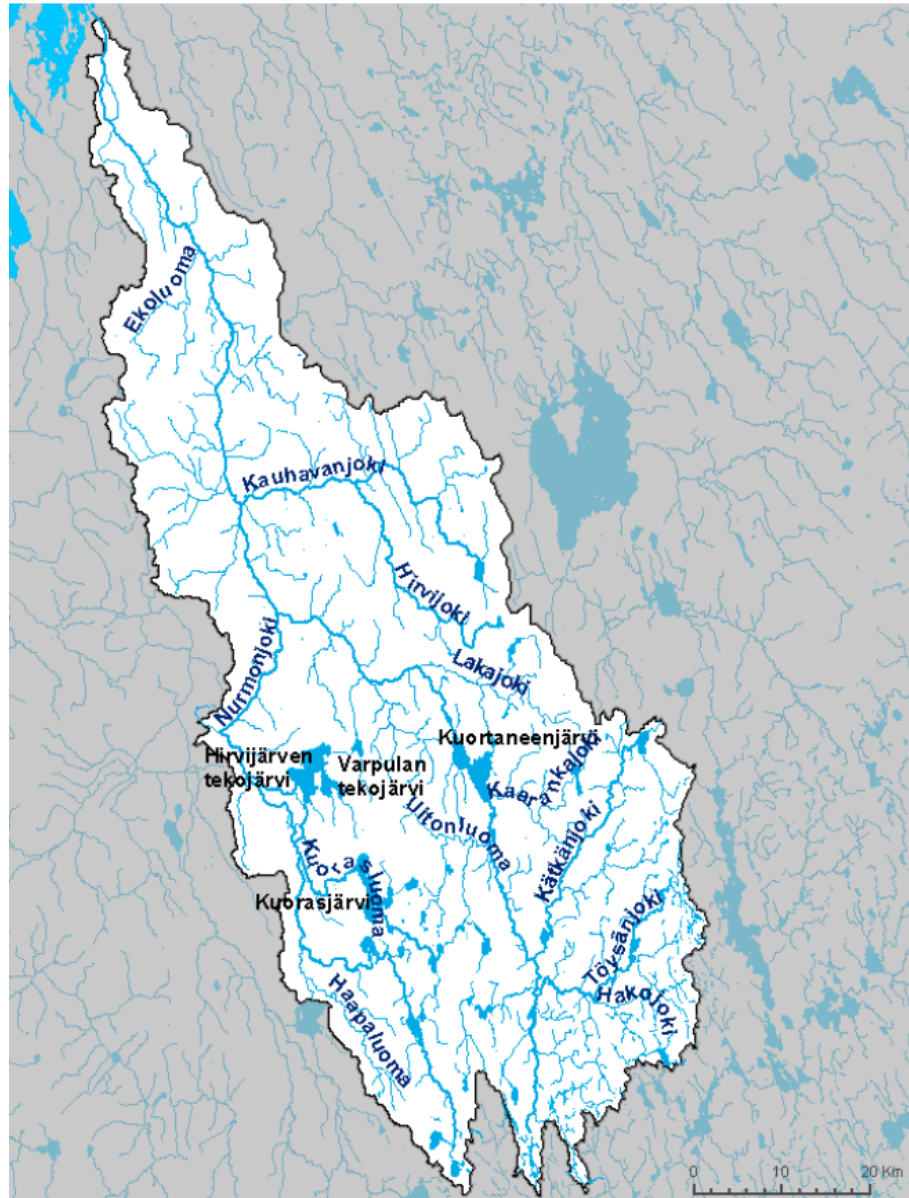


Kuva 3. Lapuanjoen vesistöalueen sijainti. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 25)

3.1 Valuma-alue

Lapuanjoen vesistöalueen kokonaispinta-ala on 4 122 km² ja sen järvisyysprosentti on 2,92 (Ekholm 1993, s. 78). Valuma-alue on maastoltaan loivaa, maaperä hienorakeista ja järviä on vähän. Lapuanjoen tärkeimmät sivuhaarat ovat Nurmonjoki ja Kauhavanjoki. Muita sivuhaaroja ovat muun muassa Lakajoki, Kaarankajoki, Tapaskanluoma

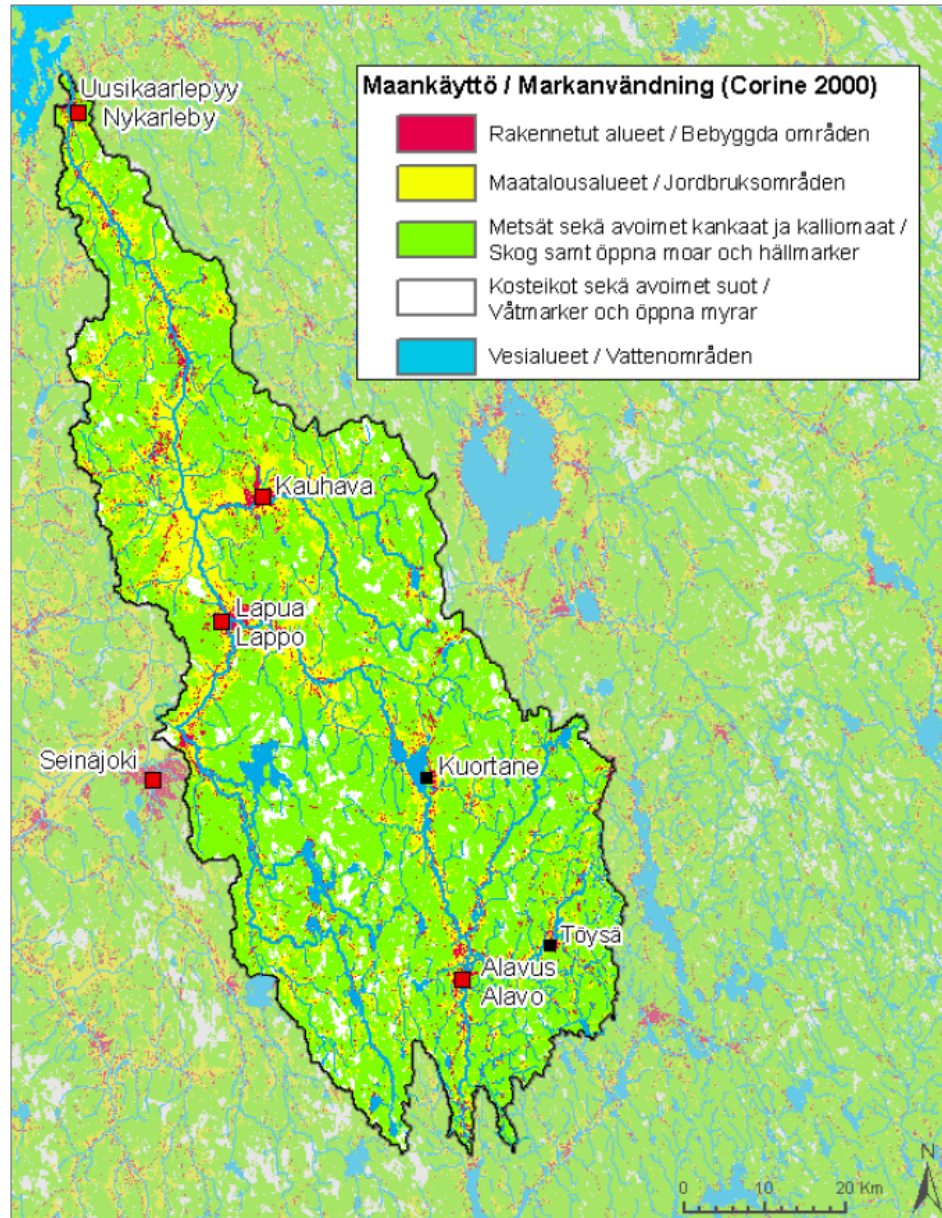
(Uitonluoma), Kätkänjoki ja Töysänjoki. Vesistöalueella on 22 yli 100 ha suuruista luonnonjärveä, joista kaksitoista on säännöstelty. Lisäksi alueella on kolme tekojärveä. Suurimmat järvet alueella ovat Hirvijärven tekojärvi, Kuortaneenjärvi, Kuorasjärvi ja Varpulan tekojärvi. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 26) Kuvassa 4 nähdään Lapuanjoen vesistöalue sekä sen suurimmat joet ja järvet.



Kuva 4. Lapuanjoen vesistöalue sekä sen suurimmat joet ja järvet. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2011, s. 9)

Kuvassa 5 nähdään Lapuanjoen valuma-alueen maankäytön jakautuminen. Lapuanjoen valuma-alueella on pääasiassa (yli 70 %) metsää ja suota. Peltojen osuus on huomattavan suuri, noin 22 %. Rakennettujen alueiden osuus on noin 5 %. Maankäyttö on tehokasta,

metsä- ja pelto-ojituksia on tehty paljon. Maanviljelyä tapahtuu pääasiassa jokilaaksoissa, joista merkittävin alue on Lapuanjoen tasainen keskiosa. Rakennetut alueet ovat keskittyneet joen varrella sijaitseviin taajamiin, joista suurin on Lapua. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 31)



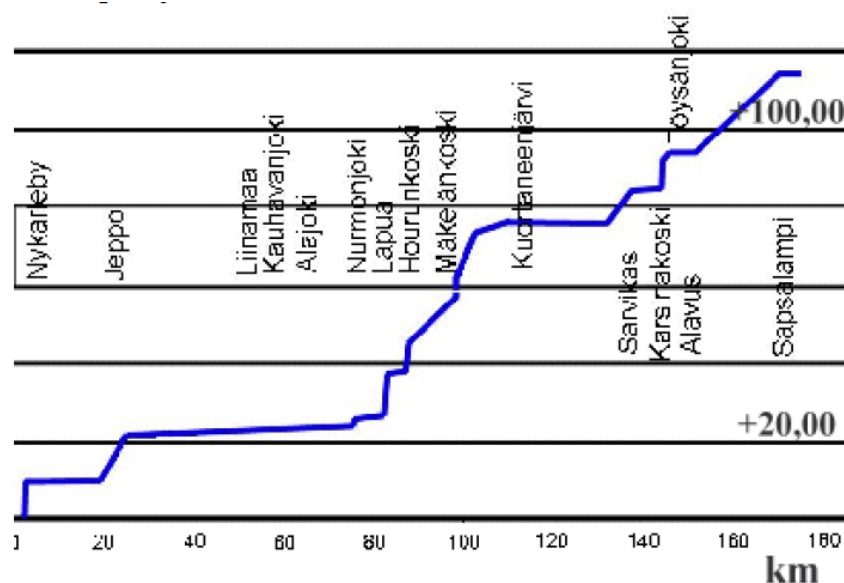
Kuva 5. Maankäyttö Lapuanjoen valuma-alueella. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 31)

3.2 Lapuanjoki

Lapuanjoen pääuoman pituus on 170 km. Lapuanjoen lähtöpiste on Alavuden Sapsalammessa, josta se virtaa 20 km Pahajoki-nimisenä Alavudenjärveen ja Vähäjärveen. Tästä eteenpäin joki jatkaa suvantomaisena kuuden kilometrin matkan Karsinakosken voimalaitokselle. Voimalaitokselta joki jatkaa syvässä kanjonissa Sarvikkaankoskille. Kosken jälkeen alkaa noin 20 km pitkä jokisuvanto, josta Kuortaneenjärven osuus on 11 km. Tämä jokisuvanto osuus päättyy Talinkalman säännöstelypatoon, jolla säännöstellään Kuortaneenjärven korkeutta. Kuortaneenjärven ja Lapuan kaupungin keskustan välillä olevalla jokiosuudella pudotusta on 50 metriä. Tällä jokiosalla sijaitsevat Mäkelänkosken ja Hourunkosken vesivoimalaitokset sekä Lakaluoman mylly. Nurmonjoki yhtyy Lapuanjokeen Lapuan kaupungin keskustaaajamassa. Keskustaaajaman alapuolella sijaitse Poutun pohjapato, jonka tehtävänä on tasata vedenkorkeuden vaihteluita ja nostaa alivedenkorkeuksia. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 26)

Poutun pohjapadosta eteenpäin Lapuanjoki on suvantomainen ja erittäin tulvaherkkä 30 km matkalla. Matkalla olevat 17 km pengerrykset suojaavat Alajoen Itäpuolen, Löyhingin, Haapoja, Ämpin, Saarimaan ja Pernaan alueet tulvilta. Suvantomainen osuus päättyy Pappilankariin, jonka jälkeen jokiosuus on koskinen ja suvantoalueet lyhyitä. Tällä jokiosuudella on 30 m pudotusta. Joen suuosa sijaitsee Uudessakaarlepyyssä, jossa on myös Stadsforsin vesivoimalaitos. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 26)

Nurmonjoki on Lapuanjoen suurin sivujoki. Se alkaa Alavuden Iso-Vehkajärvestä ja sen alapuolella on säännöstellyt Nurmonjoen latvajärvet. Nurmonjoen itäpuolella ovat Varpulan ja Hirvijärven tekojärvet, jotka virtaavat Hirvijärven tunnelivoimalaitoksen kautta Nurmonjokeen. Tunnelivoimalaitoksen jälkeen joki on padottu 10 km matkalta Hipin altaaksi, jonka alapuolella ovat Nyrhilänkosken ja Emäntäkoulun pohjapadot. Lapuan taajamassa Nurmonjoki yhtyy Lapuanjokeen. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 26) Kuvassa 6 on esitettyä Lapuanjoen pituusleikkaus.

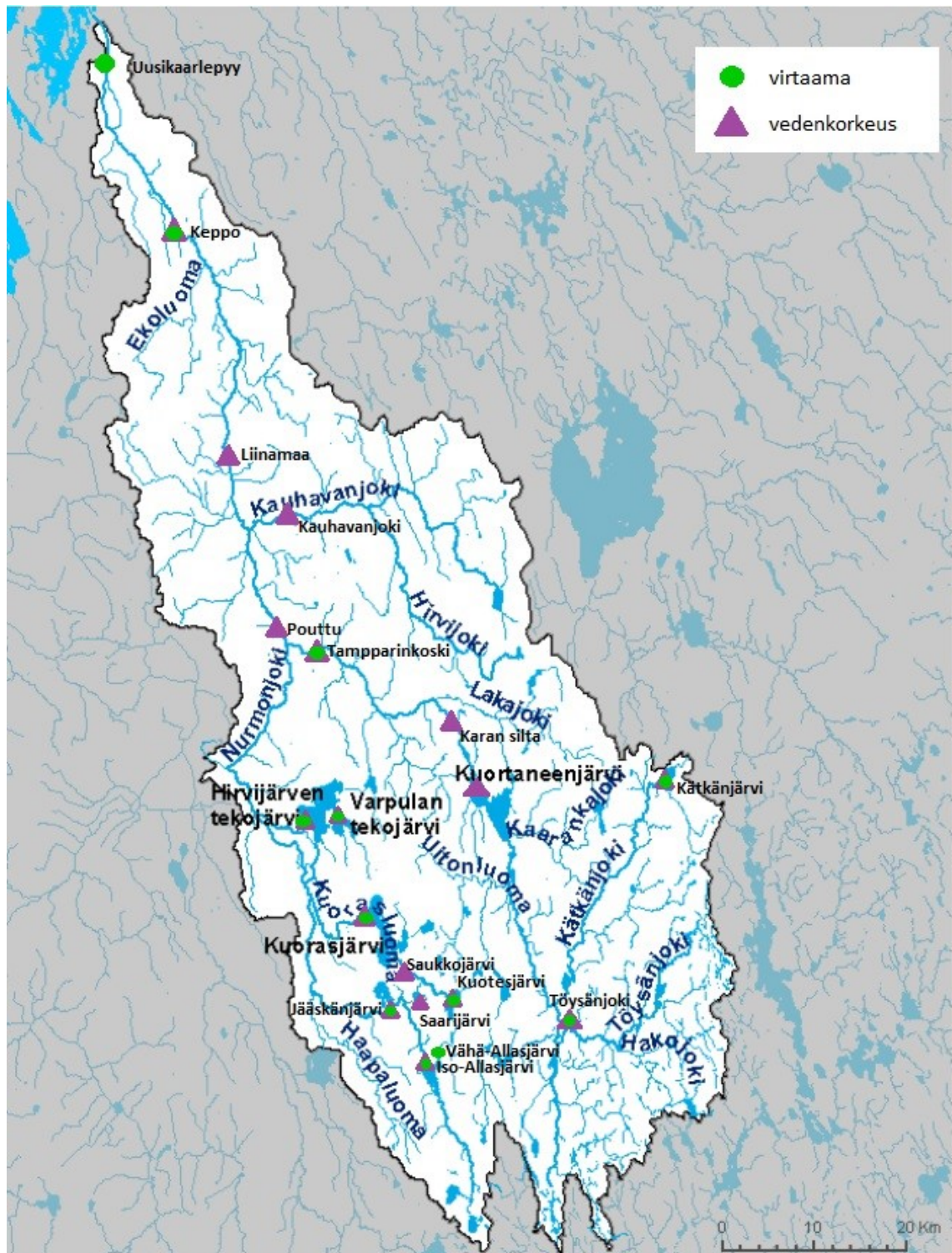


Kuva 6. Lapuanjoen pääuoman pituusleikkaus N₆₀-korkeusjärjestelmässä. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2011, s. 6)

3.3 Virtaamat ja vedenkorkeus

Lapuanjoelle on muiden Pohjanmaan jokien tapaan tyypillistä suuret virtaaman vaihtelut ja tulvimisherkkyys. Lapuanjoen tulvat johtuvat pääasiassa alueen morfologisista piirteistä, tasaisuudesta ja pienestä uomasta, eikä suurista vesimääristä. Tulvahuiput ovat alueella jyrkkiä, mikä johtuu tehokkaasta metsä- ja pelto-ojituksesta sekä vähäjärvisyydestä ja järvien sijoittumisesta latva-alueille. Ojitukset tehostavat keväisin sulavan lumen päätymistä jokeen. Alueen järvisyys on pienentynyt 5100 hehtaarilla vuosien 1797 ja 1980 välillä mutta tekojärvien rakentaminen on kompensoinut tätä merkittävästi. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 36)

Lapuanjoen pääuoman keskivirtaama Kepon mittausasemalla on 33 m³/s. Alin mitattu virtaama (NQ) on 0,8 m³/s ja suurin virtaama (HQ) 320 m³/s. Samalla mittausasemalla vedenkorkeus N₆₀-korkeusjärjestelmässä keskimäärin (MW) on ollut 20,54 m, alin vedenkorkeus (NW) 19,58 m ja ylin vedenkorkeus (HW) 22,78 m. Kuvassa 7 on esitetty vesistöalueen virtaama- ja vedenkorkeusmittauspaikat ja liitteessä 2 on esitettyä mitattuja vedenkorkeuksia ja virtaamia.

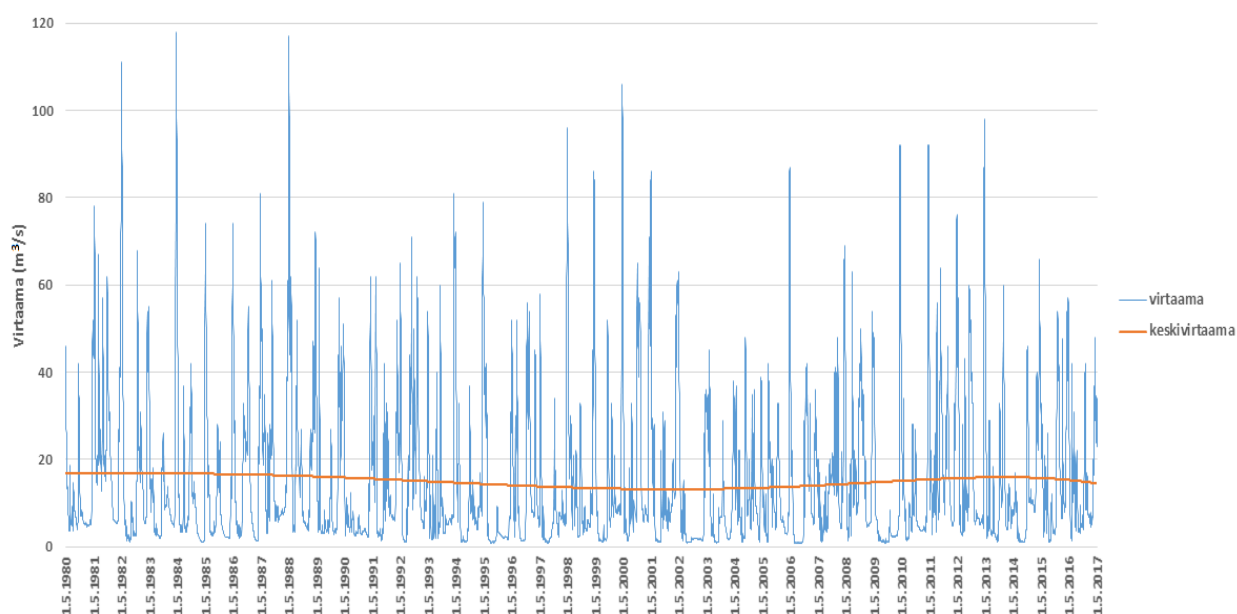


Kuva 7. Keskeiset vedenkorkeus- ja virtaamahavaintoasemat Lapuanjoella vuonna 2011. (mukaillen Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 9, 37)

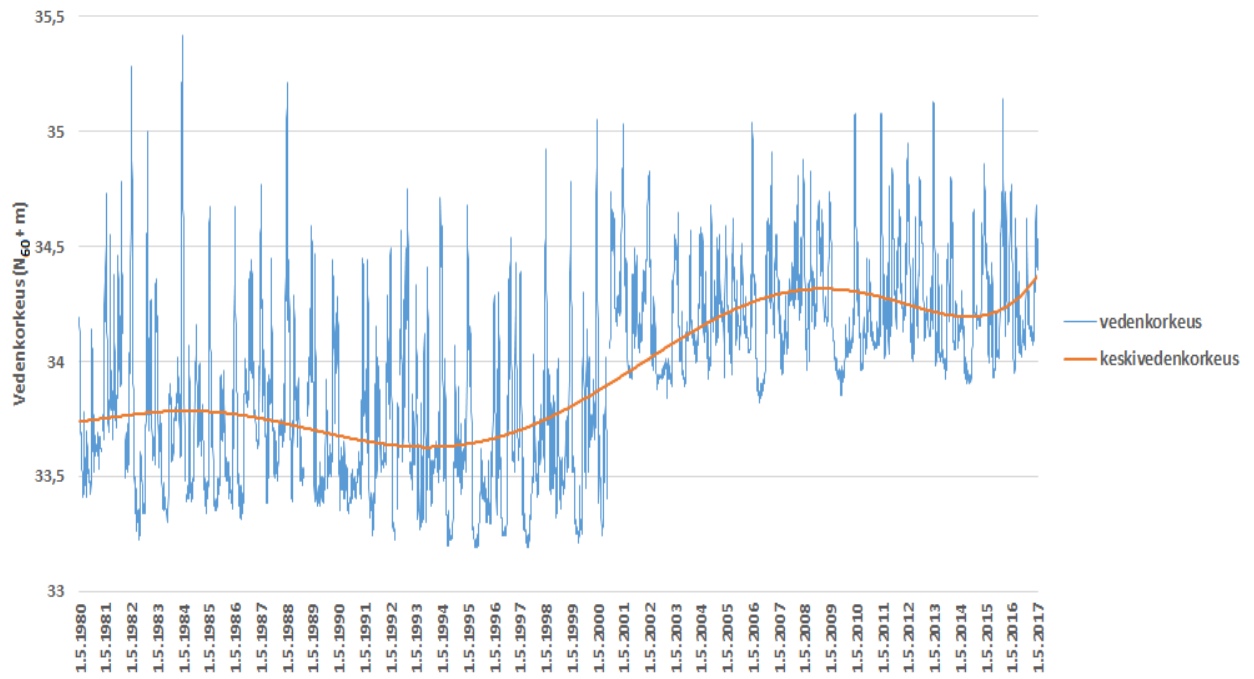
Ympäristöhallinnon ylläpitämästä ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta - tietokannasta poimitut tarkemmat kuvaajat virtaama ja vedenkorkeustiedoista Lapuanjoen varrelta löytyvät seuraavista kuvista. Kuvissa 8 ja 9 on esitetty Tampparinkosken mittauspisteen virtaamat ja vedenkorkeudet, kuvissa 10 ja 11 Kepon

mittauspisteen virtaamat ja vedenkorkeudet sekä kuvassa 12 Poutun mittauspisteen vedenkorkeus. Kyseisten mittauspisteiden sijainnit näkyvät kuvassa 7. Kuvista huomataan selvästi vuodet, jolloin Lapuanjoessa on esiintynyt merkittäviä tulvia. Lapuanjoen virtaama- ja vedenkorkeusmittauksien aikana suurin esiintynyt tulva on vuoden 1984 tulva. Tampparinkosken vedenkorkeuden voimakas muutos 2000-luvun alussa johtuu alueelle rakennetusta pohjapadosta. Kuvaajista voidaan nähdä selvästi Lapuanjoelle ominaiset suuret virtaaman vaihtelut.

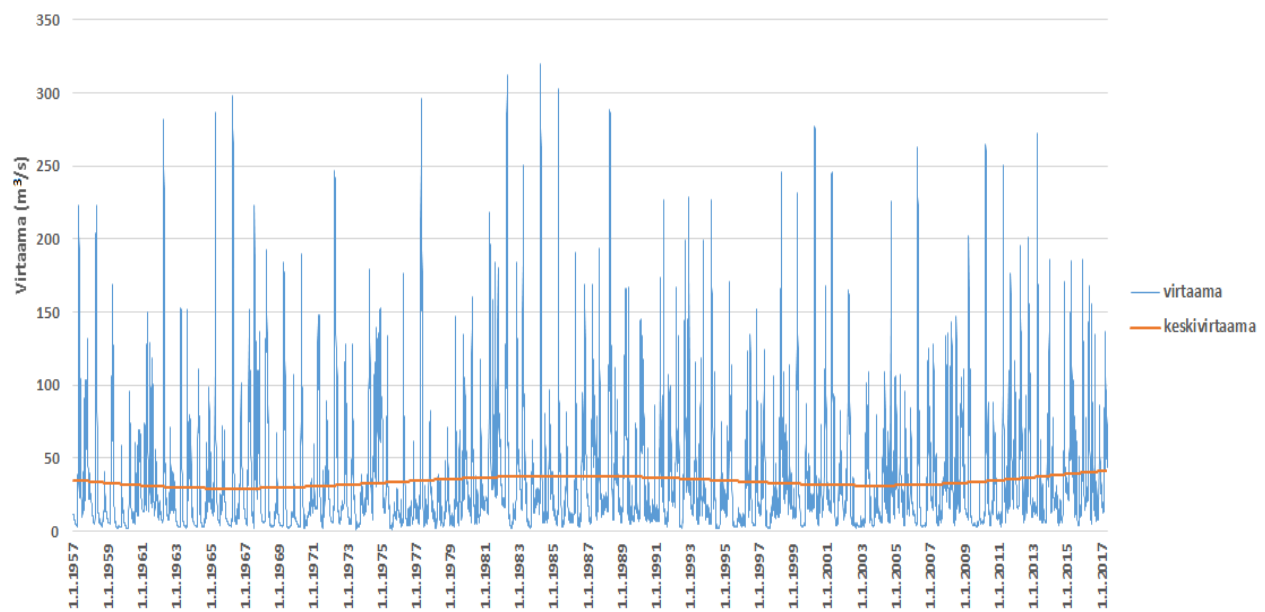
Taulukossa 3 on esitettyä Lapuanjoen merkittävän tulvariskialueen vuoden 2014 tulvariskikartoituksen yhteydessä mallinnetut virtaamat ja vedenkorkeudet eri tulvan toistuvuuksille Lapuan Poutussa. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 116)



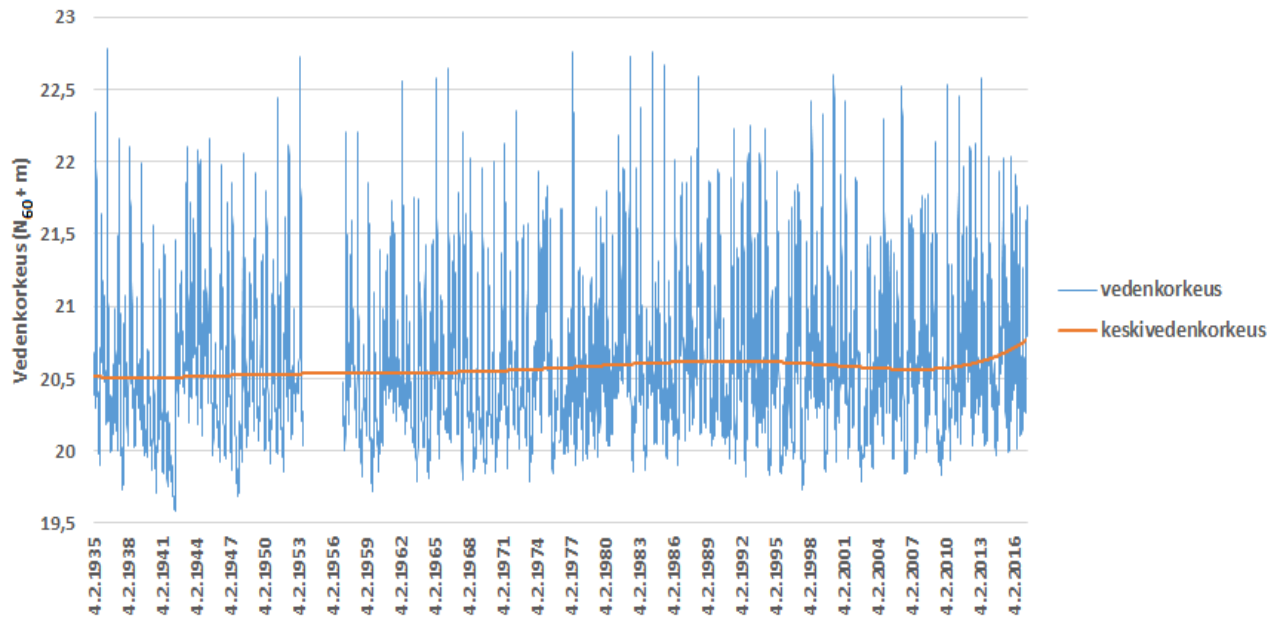
Kuva 8. Lapuanjoen virtaama Tampparinkosken mittauspisteellä ajanjaksolla 1.5.1980–15.5.2017. (Hertta 2017)



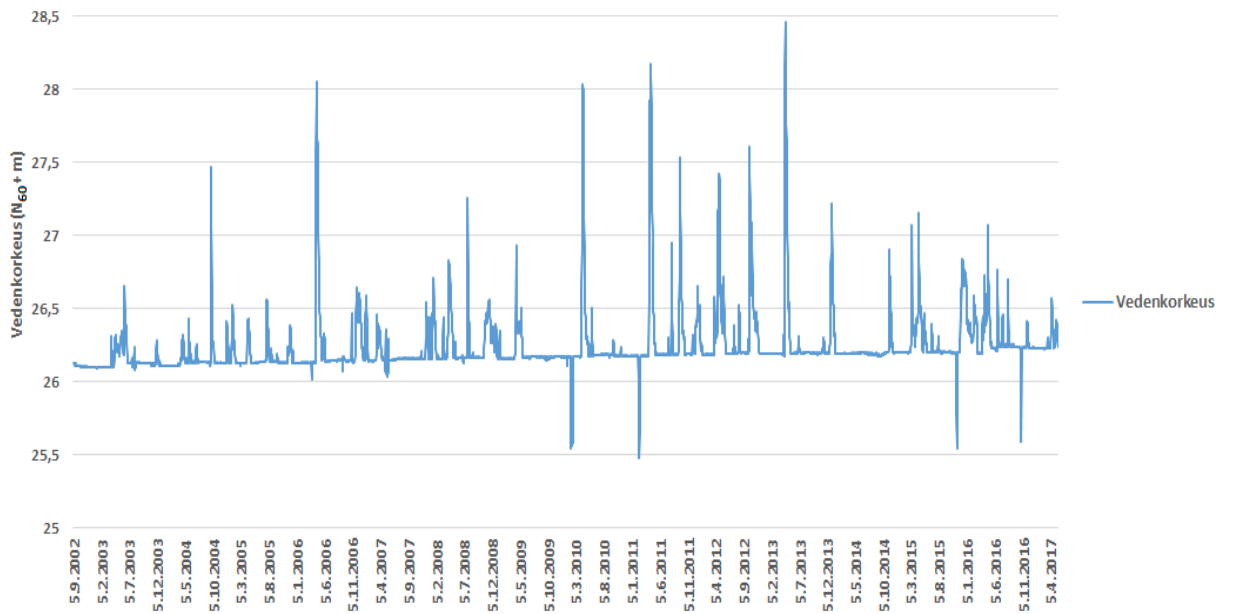
Kuva 9. Lapuanjoen vedenkorkeus Tampparinkosken mittauspisteellä ajanjaksolla 1.5.1980- 15.5.2017. (Hertta 2017)



Kuva 10. Lapuanjoen virtaama Kepon mittauspisteellä ajanjaksolla 1.1.1957–15.5.2017. (Hertta 2017)



Kuva 11. Lapuanjoen vedenkorkeus Kepon mittauspisteellä ajanjaksolla 4.2.1935–15.5.2017. (Hertta 2017)



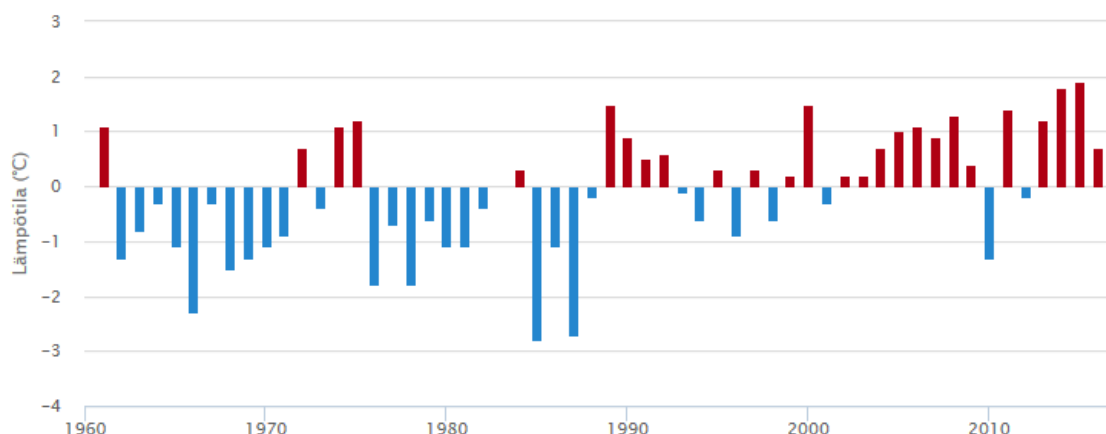
Kuva 12. Lapuanjoen vedenkorkeus Poutun mittauspisteellä ajanjaksolla 5.9.2002–15.5.2017. (Hertta 2017)

Taulukko 3. Lapuanjoen merkittävän tulvariskialueen vuonna 2014 mallinnetut virtaamat ja vedenkorkeudet tulvan eri toistuvuuksille. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 116)

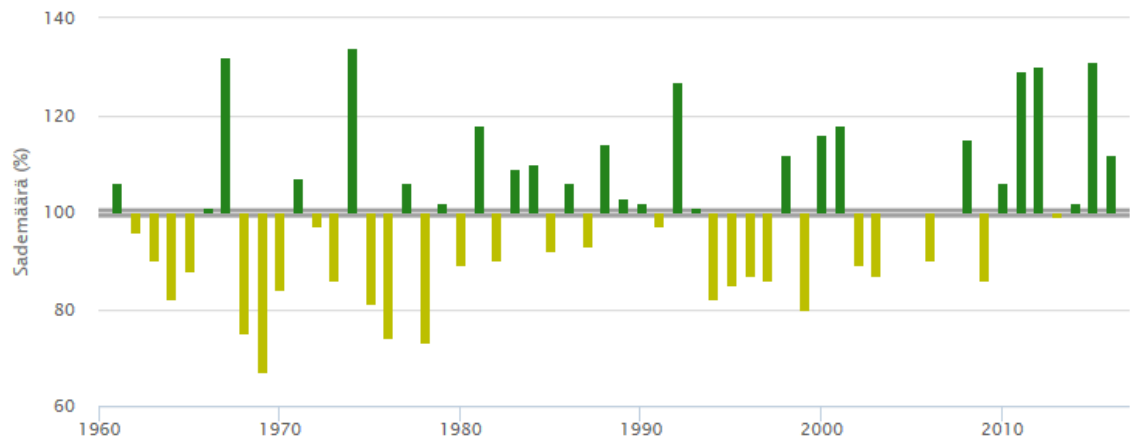
Tulvan toistuvuus	Virtaama [m ³ /s] Lapua, Pouttu	Vedenkorkeus [N ₆₀ +m] Lapua, Pouttu	Vedenkorkeus [N ₄₃ +m] Lapua, Pouttu
1/20 v	203	28,49	28,35
1/50 v	233	28,88	28,74
1/100 v	255	29,16	29,02
1/250 v	284	29,47	29,33
1/1000 v	328	29,90	29,76

3.4 Sääolot

Lapuanjoen vesistöalueen lähin lämpötila- ja sadetilastojen havainnointiasema on Seinäjoella. Kuvissa 13 ja 14 nähdään vuosien lämpötila- ja sademääräpoikkeamat vuosien 1981–2010 keskiarvosta. Viimevuodet ovat olleet keskimäärin lämpöisempiä ja sateisempia vuosien 1981–2010 keskiarvoon verrattaessa.



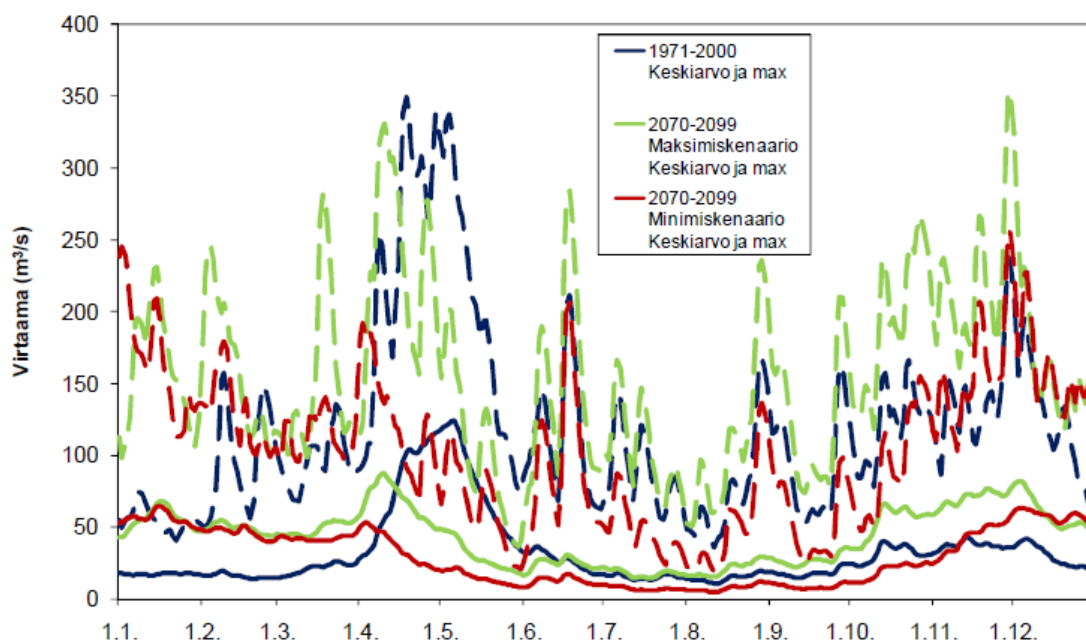
Kuva 13. Lämpötilapoikkeamat Seinäjoella vuosien 1981–2010 keskiarvosta 3,8 °C. (Ilmatieteen laitos 2017b)



Kuva 14. Sademääräpoikkeama prosentteina vuosien 1981–2010 keskiarvosta 533 mm. (Ilmatieteen laitos 2017b)

3.5 Ilmastonmuutos

Suurimpien ennusteidenkin mukaan Lapuanjoella kevään tulvavirtaamat tulevat pienentymään ja aikaistumaan. Syksyisin ja muina vuodenaikoina tulvavirtaamien ennustetaan kasvavan. Nämä tulvat saattavat olla kevättulvia suurempia. Kuvassa 15 nähdään näiden ennusteiden ja nykytilanteen virtaamien keskiarvot ja maksimi-arvot Lapuanjoessa Kepon mittauspisteen kohdalla. Ilmastonmuutoksen myötä muuttuvat virtaamat ja vedenkorkeudet sekä vesien määrä yleensä aiheuttavat muutostarvetta myös säännöstelyluvissa sekä tulvasuojelurakenteissa. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 41-43)



Kuva 15. Lapuanjoen keskivirtaamat nykytilanteessa sekä minimi- ja maksimi-ilmastomuutoskenaarioissa Kepon mittauspisteen kohdalla. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 42)

3.6 Merkittävät tulvat

Lapuanjoki on altis kevättulville, sillä joen yläjuoksu sijaitsee etelämpänä kuin alajuoksu. Tästä johtuen keväisin lumet sulavat ja jäät lähtevät nopeammin liikkeelle yläjuoksulla kuin alajuoksulla, mikä aiheuttaa herkästi tulvimista joessa. Hankalia tulvatilanteita on koettu Lapuanjoella keväisin muun muassa vuosina 1768, 1853, 1888, 1953, 1984 ja 1988. (Ramboll 2011, s. 17)

Vuonna 1984 koettiin yksi Lapuanjoen vuosisadan suurimmista tulvista. Lunta oli poikkeuksellisen paljon ja sen vesi-arvo oli kaksinkertainen keskimääräiseen verrattuna. Lumet sulivat tavallista nopeammin ja voimakas sään lämpeneminen nosti virtaamia nopeasti. Jäät muodostivat patoumia, joita purettiin kaivinkoneilla ja räjäyttämällä. Lapuan taajaman alapuoliset pengerrykset jouduttiin avaamaan kaivinkoneella tulvan uhatessa Lapuan keskustaa. Tulvan arvioitiin olevan toistuvuudeltaan kerran 20–50 vuodessa toistuvan tulvan luokkaa. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 62)

Vuonna 2013 varauduttiin suureen tulvaan suuren lumetilanteen ja vesi-arvon, sekä paksun jääkannen takia. Säiden lämmitessä satoi paljon vettä ja paksu jääkansi padotti jokea.

Jääkannen padotus vaikutti osittain siihen, että vesi pääsi Haapojan ja Ämpin pengerrysalueiden tulvakynnysten yli ennen aikaisesti. Jääkansi ei kuitenkaan vaikuttanut vedenkorkeuteen enää tulvahuipun aikaan, jolloin Löyhingin ja Eskelin tulvaluukut avattiin hetkeksi, sillä jäät olivat jo lähteneet. Tulvan arvioitiin olleen kerran 10–20 vuodessa toistuvan tulvan suuruinen. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 63) Vuoden 2013 tulva on siitä merkittävä, että siitä on paljon dokumentointia ja havainnointeja koko tulva-ajalta. Näitä tietoja pystytään hyödyntämään mallinuksissa ja arvioinneissa.

3.7 Tulvasuojelutoimenpiteet

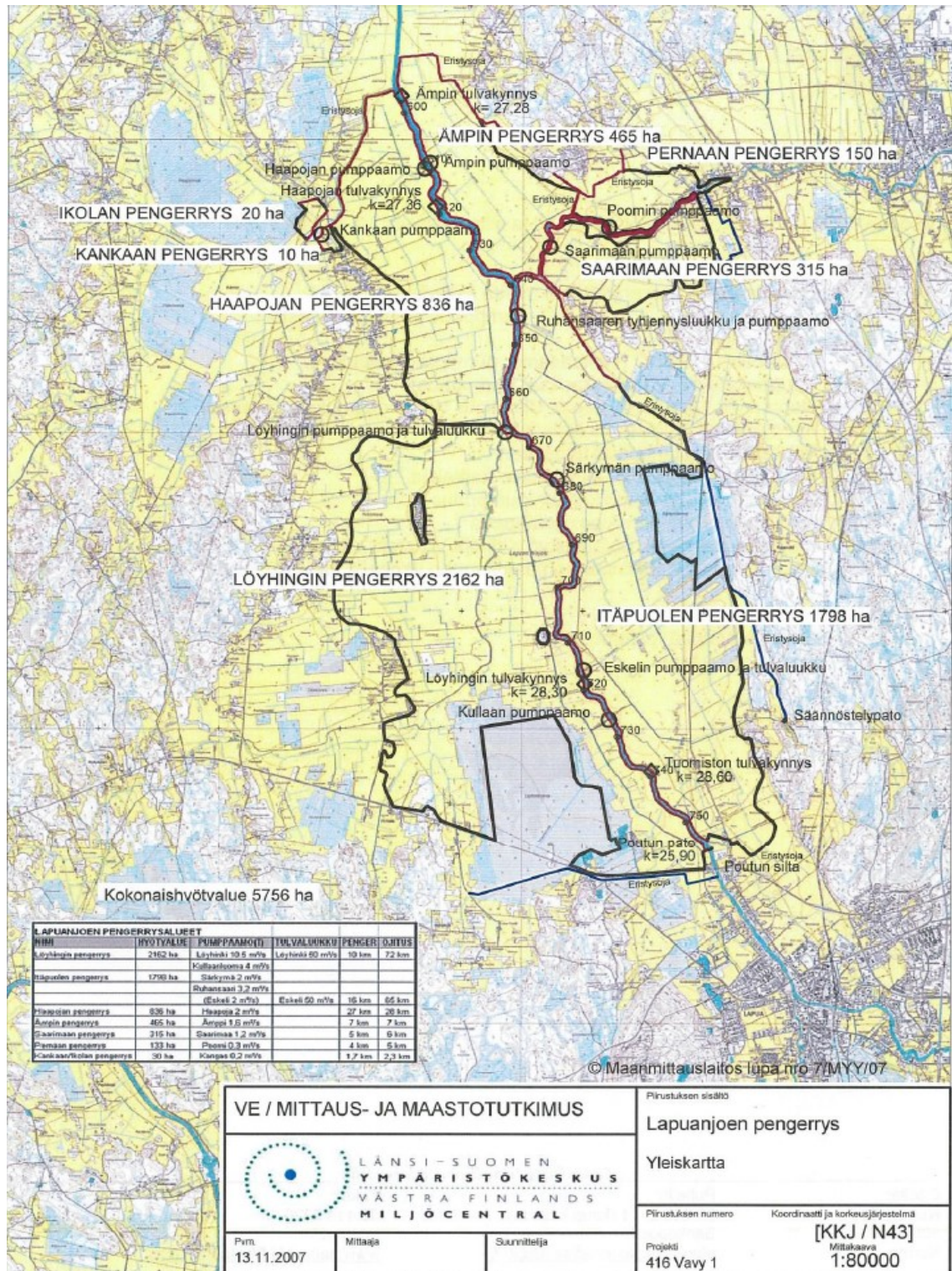
Lapuanjoen vesistöalueella on vuosien saatossa tehty useita toimenpiteitä tulvien hillitsemiseksi. Merkittävimpiä ovat olleet Jepuan Keppolankosken ja Ala-Härmän Filppulankosken välisen jokiosuuden perkaus vuosina 1909–1927, Filppulankosken ja Lapuan kirkonkylän välisen jokiosuuden perkaus vuosina 1928–1936, Lapuanjoen järjestely vaiheet I-IV vuosina 1958–1991, Kuortaneenjärven säännöstelyn tarkastus vuonna 1991 sekä Lapuan keskustan alapuolisten tulvasuojelupenkereiden kunnostaminen ja tulvaluukkujen rakentaminen Löyhingin ja Itäpuolen penkereisiin 1990-luvun lopulla. (Ramboll 2011, s. 19-20)

Lapuanjoen järjestelyn vaihe I sisälsi muun muassa Varpulan tekojärven rakentamisen, Nurmonjoen perkauksen ja Lapuanjoen Itäpuolen tulvasuojelupenkereen rakentamisen vuosina 1958–1978. Lapuanjoen säännöstelyn vaiheessa II vuosina 1968–1979 perattiin Kätkäjoen alaosa ja Kätkäjärven säännöstely aloitettiin. Vuosina 1968–1979 vaiheessa III muun muassa rakennettiin Hirvijärven tekojärvi ja Löyhingin tulvasuojelupenger. Vaihe IV ja vaiheen III muutokset tehtiin vuosina 1960–1991, jolloin Hirvijärven ja Varpulan tekojärviä korotettiin, Ämpin ja Haapojan tulvasuojelupenkereet rakennettiin, Tiisjärven säännöstely aloitettiin, Hipin allas rakennettiin, Lapuanjoki perattiin, Poutun pohjapato rakennettiin ja Hirvijärven maanalaiseen kanavaan perustettiin Hirvikosken voimalaitospato. (Ramboll 2011, s. 19-20)

3.8 Lapuanjoen pengerrysalue

Pengerrysalue sijaitsee Lapuanjoen varrella Lapuan taajaman alapuolella Lapuan ja Kauhavan alueella. Pengerrysalue kokonaisuus koostuu useammasta pienemmästä

pengerrysalueesta, joita ovat Löyhingin, Haapojan, Itäpuolen, Saarimaan, Pernaan, Ämpin, Ikolan ja Kosolan pengerrysalueet. Näiden pengerrysalueiden kokonaishyötyalue on noin 5 700 ha. Pengerrysalueet suunniteltiin suojelemaan peltoalueita usein toistuvilta eli noin kerran 20 vuodessa toistuvilta tulvilta. Ne rakennettiin vuosien 1958–1991 aikana. Kuvassa 16 on esitettynä pengerrysalueet kartalla ja taulukossa 4 on pengerrysalueiden pinta-alat ja pengerpituudet. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 113)



Kuva 16. Lapuanjoen pengerrysalueet. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 114)

Taulukko 4. Lapuanjoen pengerrysalueiden hyötypinta-alat ja penkereiden pituudet. (Hertta 2017)

Pengerrysalue	Hyötyalue (ha)	Penkereen pituus (km)
Löyhinki	2 162	9
Haapoja	836	13
Itäpuoli	1 798	16
Saarimaa	315	5
Pernaa	133	4
Ämppi	465	10
Ikola ja Kangas	30	2

Lapuanjoen pengerrysalueiden käyttö on suunniteltu niin, että suuremman kuin kerran 20 vuodessa toistuvan tulvan tulvavedet päästetään ensin Löyhingin ja Itäpuolen tulvaluukkujen kautta pengerrysalueille. Vedenpinnan ollessa Poutun sillan kohdalla tasolla $N_{43} + 28,40$ m ja Lapuan rautatiesillalla $N_{43} + 28,70$ m nämä tulvaluukut aukeavat. Mikäli tämän jälkeen vedenpinta jatkaa nousua, tulvavesi ylittää pengerrysalueiden tulvakynnykset. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 113-116)

Pengerrysalueet pystyvät pidättämään karkean arvion mukaan 40–80 milj. m³:n verran tulvavesiä. Varastotilavuus koostuu pääasiassa Löyhingin, Itäpuolen ja Haapojan pengerrysalueiden varastotilavuuksista. Suuresta pidätystilavuudesta johtuen pengerrysalueella on merkittävä rooli Lapuan taajaman tulvasuojelussa. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 115)

3.9 Merkittävä tulvariskialue

Merkittäväksi tulvariskialueeksi on tunnistettu alustavassa arvioinnissa vuonna 2011 Lapuanjoen vesistöalueella Lapua. Alueella tulvat voivat aiheuttaa vahingollista seurausta ihmisten terveydelle ja turvallisuudelle sekä välttämättömyyspalvelut voivat keskeytyä pitkiksi ajoiksi. Muina perusteina olivat aiemmin esiintyneet tulvat ja paikalliset erityisolosuhteet. Vahinkokohteiden määrittämiseen käytettiin kerran 1000 vuodessa toistuvaa tulvatilannetta eli erittäin harvinaista tulvatilannetta. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 69)

3.10 Tulvariskien hallintasuunnitelma

Tulvariskien hallinnan tavoitteena on vähentää tulvariskejä, ehkäistä ja lieventää vahingollisia seurauksia ja edistää tulviin varautumista. Tulvista aiheutuvat vahingot tulisi pysyä mahdollisimman vähäisinä. Tulvariskien hallinnan lain (620/2010) mainitsevat tulvien vahingolliset vaikutukset ihmisen terveyteen ja turvallisuuteen, välttämättömyyspalveluille, elintärkeitä toimintoja turvaavalle taloudelliselle toiminnalle, ympäristölle, taloudelle ja kulttuuriympäristölle on otettava huomioon tavoitteita asettaessa. Tavoitteiden täytyy olla lisäksi yhteensopiva vesienhoidon tavoitteiden kanssa ja huomioida alueelliset ja paikalliset piirteet. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 84)

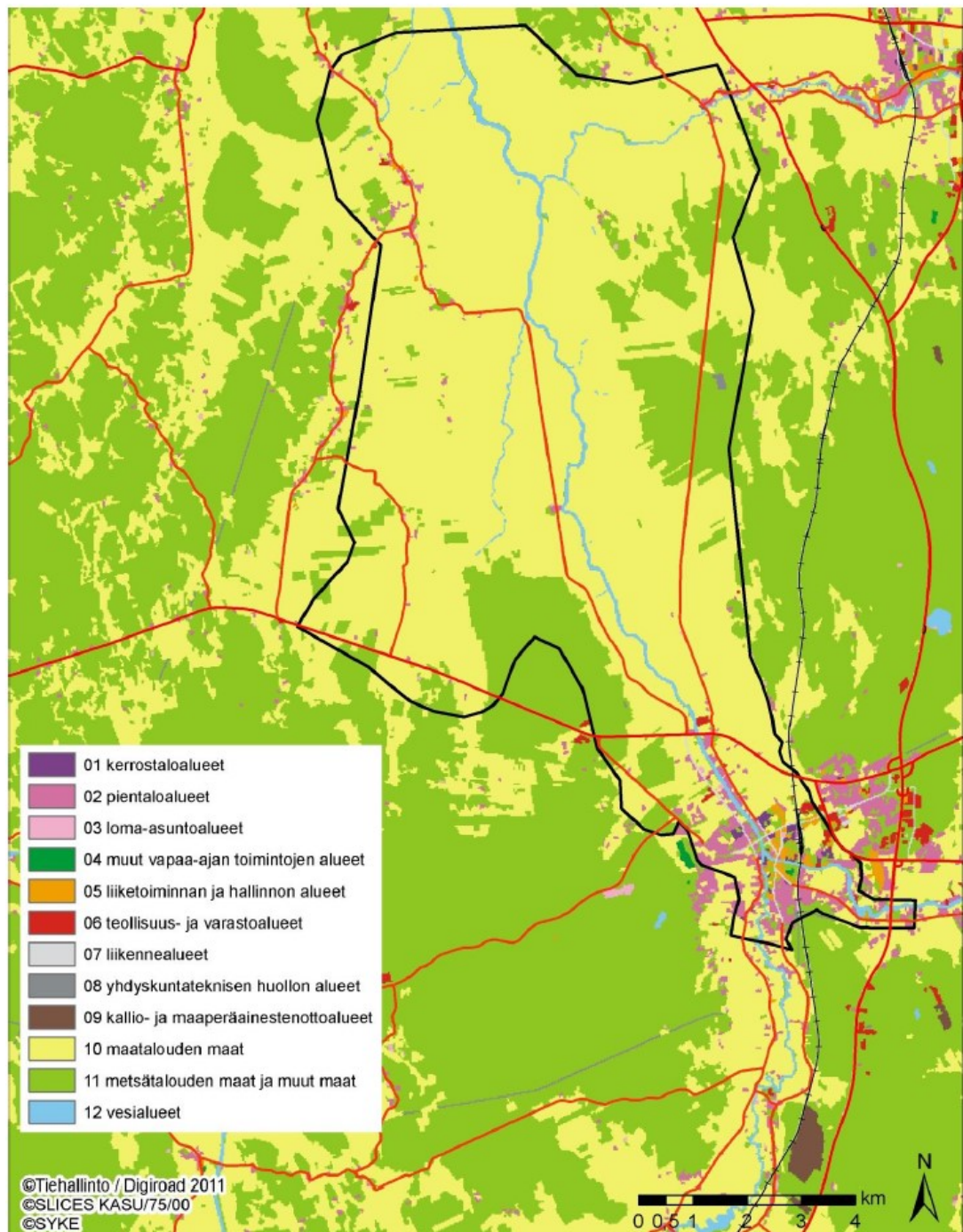
Liitteessä 1 on esitettyä Lapuanjoen vesistöalueelle suunnitellut tulvariskien hallinnan toimenpiteet. Toimenpiteitä ei ole pakko toteuttaa, mutta valtion ja kuntien sekä aluekehitysviranomaisten on otettava suunnitelmat huomioon omassa toiminnassaan. Ensisijaiset toimenpiteet pyritään toteuttamaan tulvariskien hallinnan ensimmäisellä suunnittelukaudella vuoteen 2021 mennessä, toissijaiset toimenpiteet ensisijaisten jälkeen, mikäli resurssit riittävät ja täydentävät toimenpiteet ovat suositeltavia tulvariskien hallinnan kehittämiseksi. Lapuanjoen pengerrysalueen käytön muutos on asetettu yhdeksi toimenpideryhmäksi ja toimenpide 6.1 selvitykset Lapuanjoen pengerrysalueen käytön muutoksen haitoista ja hyödyistä ensisijaiseksi toimenpiteeksi. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 147)

4 PENGERRYSSALUEEN TULVARISKIKOhteet

Seuraavaksi ovat esiteltynä vuoden 2013 tulvakartoituksen mukaiset tulvariskikohteet. Tulvariskikohteet ovat luokiteltuna eri tulvan toistuvuuksien mukaan, jotka perustuvat tulvakartoitusta varten tehtyihin tulvamallinnuksiin sekä sen hetkisiin ajankohtaisiin kohteiden riskitietoihin. Näiden tietojen perusteella Lapuanjoen vesistöalueen tulvariskien hallintasuunnitelma on laadittu vuosille 2016–2021. Tässä työssä tarkemmin tarkasteltavista kohteista on kerrottu lisäksi tulvariskien hallintasuunnitelman määrittämien toimenpiteiden mukaisten uusimpien mittausten ja tutkimusten tietoja.

4.1 Maankäyttö

Lapuanjoen merkittäväällä tulvariskialueella vallitsevin maankäyttömuoto on maatalous, jonka jälkeen tulee metsätalous ja rakennettu ympäristö. Maankäytön jakautuminen näkyy kuvassa 17. Lapuanjoen pengerryksillä pyritään suojaamaan peltoalueet yleisiltä tulvilta, mutta harvinaisemmilla tulvilla tulvavedet on päästettävä tälle tulvasuojelulle alueelle, jotta Lapuan taajamassa ei synny mittavia tulvavahinkoja. Taulukossa 5 nähdään miten suurelle alueelle tulvavedet levittäytyvät eri maankäyttömuodoilla eri tulvan toistuvuuksilla. Taulukosta nähdään, että merkittävä osa maatalouden alueista jää tulvan alle jo melko harvinaisen tulvan (1/50) esiintyessä. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2014, s. 14)



Kuva 17. Maankäytön jakautuminen Lapuanjoen merkittäväällä tulvariskialueella. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2014, s. 15)

Taulukko 5. Maankäytön jakautuminen Lapuanjoen merkittävällä tulvariskialueella ja tulvan laajuus eri maankäyttömuodoilla (hehtaareina ja prosentteina) eri tulvan toistuvuuksilla. (mukaillen Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2014, s. 14)

Maankäyttö-luokka	Tulva 1/20a	Tulva 1/50a	Tulva 1/100a	Tulva 1/250a	Tulva 1/1000a	Merkittävä tulvariskialue (ha)
Asuinalueet	21 3 %	54 8 %	87 12 %	126 18 %	174 25 %	699
Metsät	0	104 11 %	151 16 %	217 23 %	283 30 %	946
Maatalouden alueet	10 0,1 %	5 487 71 %	5 776 74 %	6 125 79 %	6 523 84 %	7 768
Kosteikot ja avosuot	0	30 7 %	54 13 %	106 25 %	207 49 %	420
teollisuuden, palveluiden ja liikenteen alueet	2 2,7 %	3 4 %	4 5 %	6 8 %	9 12 %	74
YHTEENSÄ	33 0,3 %	5 679 57 %	6 072 61 %	6 580 66 %	7 196 73 %	9 906

4.2 Rakennukset

Lapuan tulvariskialueella kastuvat rakennukset ovat koottuna eri tulvatoistuvuussittain ja kunnittain (Taulukko 6). Tulvavaarassa olevien rakennusten prosentuaaliset osuudet pysyvät suunnilleen samoina eri tulvatoistuvuuksilla, kun rakennuksia tarkastellaan rakennustyypeittäin. Mahdollisesti kastuvista rakennuksista asuinrakennuksia on 35-40 %, maatalouden rakennuksia 15-25 %, muita rakennuksia 40-45 % ja vapaa-ajan rakennuksia 5 %. Lapuanjoen pengerrysalue suojelee kerran 20 vuodessa toistuvilta tulvilta noin 40 rakennusta. Tulvakartoituksessa ei ole otettu huomioon hylättyjä tai purettuja taloja. Taulukossa kategoriaan ”Muut rakennukset” sisältyy saunat, talousrakennukset, teollisuus- ja liikerakennukset sekä tyhjillään olevat asuinrakennukset.

Taulukko 6. Lapuan merkittävällä tulvariskialueella mahdollisesti kastuvien rakennusten kokonaismäärät kunnittain ja rakennusluokittain eri tulvan toistuvuuksilla. (mukaillen Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2014, s. 10)

Rakennus- luokka	Tulva 1/20 a		Tulva 1/50 a		Tulva 1/100 a		Tulva 1/250		Tulva 1/1000 a	
	Lapua	Kauhava	Lapua	Kauhava	Lapua	Kauhava	Lapua	Kauhava	Lapua	Kauhava
Asuin- rakennukset	1	0	53	6	89	8	152	33	248	49
Omakoti- talot	1	0	40	6	73	8	124	30	190	43
Rivitalot	0	0	5	0	6	0	15	2	31	4
Kerrostalot	0	0	5	0	7	0	10	0	18	0
Muut asuin- rakennukset	0	0	3	0	3	0	3	1	9	2
Hoitoalan rakennukset, koulut ja päiväkodit	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Sairaalat ja terveys- keskukset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanhain- kodit, palvelutalot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Päiväkodit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Koulut	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Vapaa-ajan asuin- rakennukset ja loma- rakennukset	0	0	9	1	11	1	15	4	17	4
Maa- talouden rakennukset	0	0	32	2	50	5	75	11	93	16
Navetat, sikalat ja tallit	0	0	8	0	12	0	14	0	20	1
Muut maa-, metsä- ja kalatalouden rakennukset	0	0	24	2	38	5	57	11	69	15
Kasvi- huoneet	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0
Muut rakennukset	7	0	70	3	114	13	175	25	271	33
Rakennukset yhteensä	8	0	164	12	264	27	417	74	630	103
Yhteensä	8		176		291		491		733	

Lapuanjoen vesistöalueen tulvariskien hallintasuunnitelmassa määritellyn toimenpiteen mukaan tulvariskialueen rakennusten korkeudet on mitattava. Nämä mittaukset valmistuivat Lapuan kaupungissa vuonna 2015 ja Kauhavan kaupungissa vuonna 2016. Rakennusten korkeus mitattiin rakennuksen alimman kastuvan korkeuden mukaan, joka oli joko rakennuksen sokkelin korkeus tai piilosokkelirakennuksessa lattian korkeus. Myös kellarin korkeus mitattiin, mikäli sellainen rakennuksessa oli. Sokkeli on rakennuksen perustuksen osa, jonka yläreuna voi olla korkeammalla kuin lattian taso. Näiden uusien mittausten mukaan on koottu taulukot Lapuan rakennuksista (Taulukko 7) ja Kauhavan rakennuksista (Taulukko 8), jotka joko kastuvat tai saartautuvat tulvan eri todennäköisyyksillä. Taulukoissa 7 ja 8 on käytetty tulvatoistuvuuden vedenkorkeuksina Lapuan tulvarikikartoituksessa käytettyjä tulvavaara-alueen mukaisia vedenkorkeuksia. Tarkastelussa oli mukana kerran 20, 50 ja 100 vuodessa toistuvat tulvat. Tarkastelun perusteella Lapualla pienemmillä tulvilla pengerrysalueella kastuu suhteessa eniten rakennuksia, mutta harvinaisemmilla tulvilla keskustassa kastuvien rakennusten osuus kasvaa suhteessa pengerrysalueiden kastuviin rakennuksiin. Kastuvat rakennukset ovat pääasiassa maatalouden rakennuksia, asuinrakennuksia sekä muita rakennuksia. Kauhavalla maatalouden ja muiden rakennusten osuus kasvaa asuinrakennuksien osuuteen nähden tulvan toistuvuuden harvinaistuessa.

Taulukko 7. Lapuan rakennukset, joissa kastuu lattia tai sokkeli vuoden 2013 tulvavaara-alueen mukaisten vedenkorkeuksien mukaan. + -merkin jälkeen rakennusten määrä, joiden kellari kastuu.

Rakennus- luokka	Tulva 1/20a				Tulva 1/50a				Tulva 1/100a			
	Keskusta	Nurmonjoki	Pengerrysalue	YHTEENSÄ	Keskusta	Nurmonjoki	Pengerrysalue	YHTEENSÄ	Keskusta	Nurmonjoki	Pengerrysalue	YHTEENSÄ
Asuin- rakennukset	0 + 3	0 + 1	3 + 15	3 + 19	1 + 4	0 + 1	9 + 19	10 + 24	1 + 4	0 + 2	17 + 20	18 + 26
Omakoti- talot	0 + 3	0 + 1	3 + 15	3 + 19	1 + 4	0 + 1	9 + 19	10 + 24	1 + 4	0 + 2	17 + 20	18 + 26
Rivitalot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kerrostalot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muut asuin- rakennukset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoitoalan rakennukset, koulut ja päiväkodit	0	0 + 1	0	0 + 1	0	0 + 1	0	0 + 1	0	0 + 1	0	0 + 1
Sairaalat ja terveys- keskukset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanhain- kodit, palvelutalot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Päiväkodit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Koulut	0	0 + 1	0	0 + 1	0	0 + 1	0	0 + 1	0	0 + 1	0	0 + 1
Vapaa-ajan asuin- rakennukset ja loma- rakennukset	1	1	3	5	3	3	5	11	7	3	6	16
Maa- talouden rakennukset	0 + 1	0	7 + 3	7 + 4	0 + 3	0	17 + 2	17 + 5	4 + 1	0	26 + 2	30 + 3
Navetat, sikalat ja tallit	0	0	1	1	0	0	4	4	2	0	6	8
Muut maa-, metsä- ja kalatalouden rakennukset	0 + 1	0	6 + 3	6 + 4	0 + 3	0	13 + 2	13 + 5	2 + 1	0	20 + 2	22 + 3
Kasvi- huoneet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muut rakennukset	1	0	6	7	8	0	12	20	22	0	16	38
Rakennukset yhteensä	2 + 4	1 + 2	19 + 18	22 + 24	12 + 7	3 + 2	43 + 21	58 + 30	34 + 5	3 + 3	65 + 22	102 + 30

Taulukko 8. Kauhavan rakennukset, joissa kastuu lattia tai sokkeli vuoden 2013 tulvavaara-alueen mukaisten vedenkorkeuksien mukaan.

Rakennusluokka	Tulva 1/20a	Tulva 1/50a	Tulva 1/100a
Asuinrakennukset	0	2	2
Hoitoalan rakennukset, koulut ja päiväkodit	0	0	0
Vapaa-ajan asuinrakennukset ja lomarakennukset	0	0	0
Maatalouden rakennukset	1	1	3
Muut rakennukset	1	2	7
Rakennukset yhteensä	2	5	12

4.3 Kulttuuriperintö

Kulttuurikeskus Vanha Paukku on entisen Lapuan patruunatehtaan vanhoista tehdasrakennuksista muodostuva kulttuuri- ja yrityskeskus. Se on ympäristöltään ja historialtaan ainutlaatuinen (Kulttuurikeskus Vanha Paukku 2017). Kulttuurikeskuksen alue on vaarassa kastua kokonaan erittäin harvinaisella tulvalla ja harvinaisella tulvalla vaarassa on alueen Isotehdas. Myös Lapuan tuomiokirkko ympäristöineen on merkittävä osa rakennettua kulttuuriympäristöä ja se sijaitsee Lapuanjoen merkittävällä tulvariskialueella. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 79)

Kulttuurikeskus Vanhan Paukun alueen tulvariskikohteiden korkotasot ovat määritetty vuonna 2014 (Lahti 2017). Kulttuurikeskus sijaitsee Lapuanjoen rannalla Lapuan keskustan tuntumassa, sijainti näkyy alla olevassa kuvassa 18. Myös Lapuan tuomiokirkon sijainti näkyy kuvassa Vanhasta Paukusta hieman vasemmalle päin.

4.4 Jätevedenpuhdistamo

Lapuan jätevedenpuhdistamo käsittelee Lapuan ja Nurmon keskustan, Tepon, Atrian Nurmon lihakylän ja Chemigaten Lapuan tehtaan jätevedet sekä Kuortaneen ja Tiistenjoen jätevedet. Jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessissa on kaksi biologista vaihetta, denitrifikaatio ja nitrifikaatio, sekä kemiallinen jälkikäsittely, joka käsittelee

saostuksen, flotaatioselkeytyksen ja kiekkosuodatuksen. Linkokuivattu liete toimitetaan Lakeuden Etapin biokaasulaitokselle. (Lapuan Jätevesi 2017)

Lapuan Jätevesi Oy:n jätevedenpuhdistamo sijaitsee Lapuanjoen varrella Lapuan keskustan ja Poutun sillan läheisyydessä. Puhdistamo on Löyhingin pengerrysalueella. Sijainti näkyy kuvassa 18.



Kuva 18. Lapuan jätevedenpuhdistamon ja kulttuurikeskus Vanhan Paukun sijainnit. (pohjakartta Maanmittauslaitos 2017)

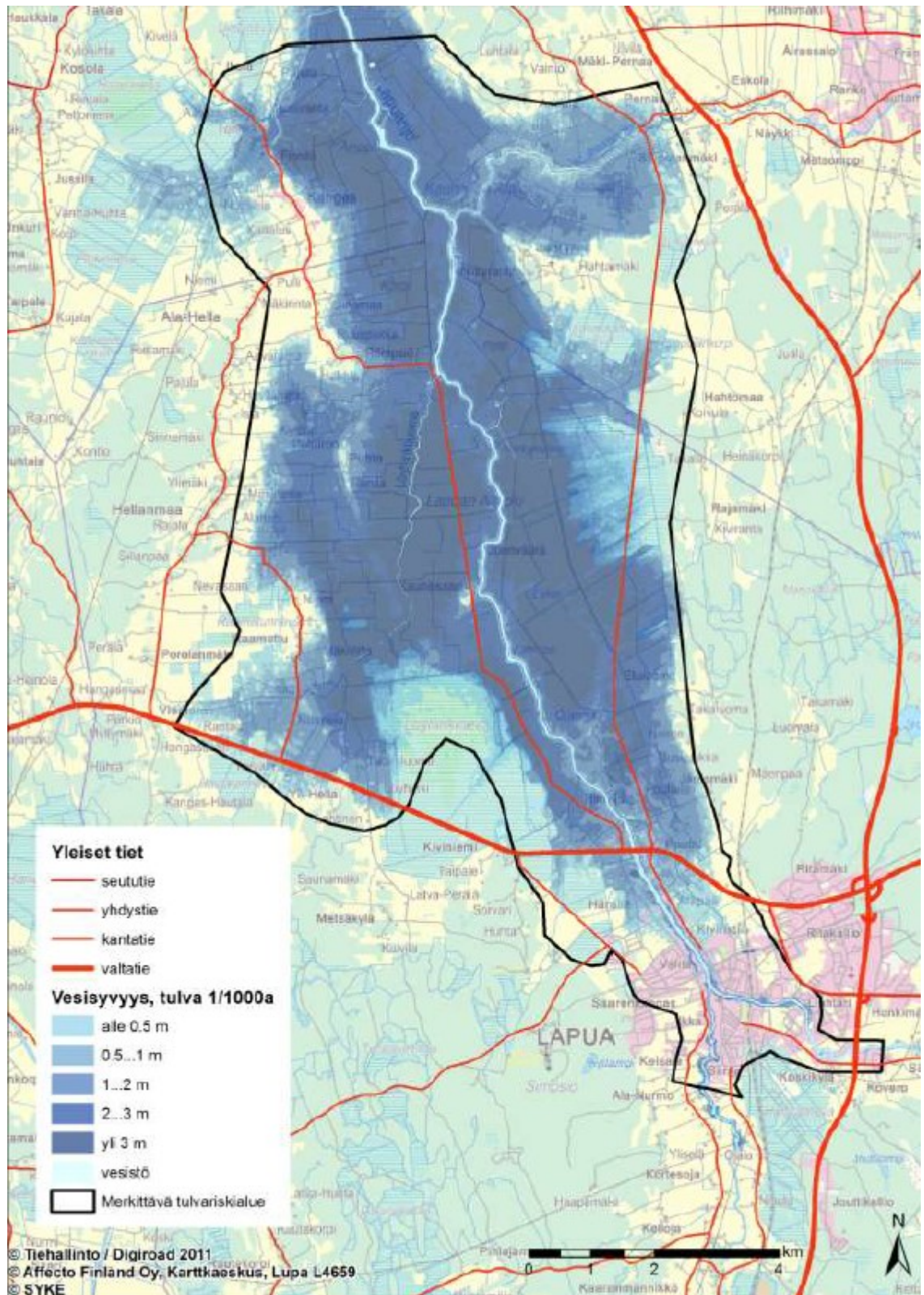
Lapuan Jätevesi Oy on toimittanut 19.6.2017 tulvavesien korkotasot, jolloin jätevedenpuhdistamolle tai jätevesipuhdistamon toiminnalle aiheutuu haittaa. Puhdistamon purkuputken loppupäässä tulvakorkeus on $N_{60} +28,15$ m ja tontin korkeus $N_{60} +29,00$ m (Liite 5). Kun joen pinnan taso on $N_{60} +28,54$ m ($N_{43} +28,40$ m) puhdistamolla ei ole tulvavesistä kärsiviä kohteita. Joen pinnan tason ollessa korkeintaan $N_{60} +29,04$ m ($N_{43} +28,90$ m) vesi on lähes rakennuksen kivijalassa, piha-asfaltin reunalla ja osa alueen kulkureiteistä on veden alla. Käsiteltyä jätevettä ei pystytä johtamaan tällä tulvatasolla olevaan jokeen nykyisillä keinoilla. Mikäli joen pinta nostetaan yli tason $N_{60} +28,54$ m ($N_{43} +28,40$ m), puhdistamolle tarvitaan toinen rinnakkainen purkuviemäri Lapuanjokeen. Väliaikaisen suojelun mahdollisuudet ovat verrattain hyvät, sillä pienillä maanrakennustöillä pystytään suojaamaan puhdistamon rakennukset jokiveden pinnan tasolle $N_{60} +29,04$ m ($N_{43} +28,90$ m) asti. (Keski-Saari 2017)

4.5 Liikenneverkosto

Tulvavedet nousevat Lapuanjoen varrella pienimmille yhdysteille monin paikoin. Kerran 250 vuodessa tapahtuvan erittäin harvinaisen tulvan aiheuttama katkeavien teiden yhteenlaskettu pituus on lähes 100 km nykyisen tulvakartoituksen mukaan. Lapuan keskustan pohjoispuolella oleva valtatie 16 (Alajärvi-Laihia) katkeaa kerran 100 vuodessa tapahtuvalla harvinaisella tulvalla ja peltoaukion molemmilla puolilla olevat tiet kastuvat kerran 50 vuodessa toistuvalla melko harvinaisella tulvalla. Katkeavat tiet voivat hankaloittaa ruoan ja veden jakelua kotitalouksille, mutta eivät muuten ole merkittäviä kulkuyhteyksiä. Liikenneviraston tulvaryhmän kartoituksessa vuonna 2013 on määritelty tierekisteriin oleelliset tulvivat kohteet, jotka aiheuttavat ongelmatilanteita tai vaaraa liikenteelle. Tässä määrittelyssä Lapuan tulva-alueella oleva Kankaantie välillä Kauhava-Rannanjärvi on noussut vesistötulva-alttiiksi tieosuudeksi. Taulukossa 9 on esitettyä katkeavien teiden kokonaiskilometrimäärät eri tulvan toistuvuuksilla ja keskeisempien tieosuuksien katkeavat kilometrimäärät. Kuvassa 19 on Lapuan liikenneverkosto merkittävällä tulvariskialueella kerran 1000 vuodessa toistuvan tulvalla nykyisten tulvakartoitusten mukaan. Tulvan alle jäävät tiet ovat pääasiassa pieniä yhdysteitä, mutta myös kantateitä ja valtateitä on vaarassa jäädä tulva alle. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2014, s. 11)

Taulukko 9. Katkeavien teiden kilometrimäärät eri tulvan toistuvuuksilla nykyisen tulvakartoituksen mukaan Lapuanjoen merkittävällä tulvariskialueella. (mukaillen Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2014, s. 11)

Tulvan toistuvuus	Katkeavien teiden pituus summana (km)	Keskeiset vaarantuvat tieyhteydet
1/20	0,2	
1/50	77	
1/100	87	Valtatie 16 (0,1 km)
1/250	99	Valtatie 16 (0,3 km)
1/1000	108	Valtatie 16 (1,2 km)



Kuva 19. Liikenneverkosto Lapuanjoen merkittävällä tulvariskialueella kerran 1000 vuodessa toistuvalla tulvalla nykyisen tulvakartoituksen mukaan. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2014, s. 12)

4.6 Sähkön- ja tietoliikenteenjakelu

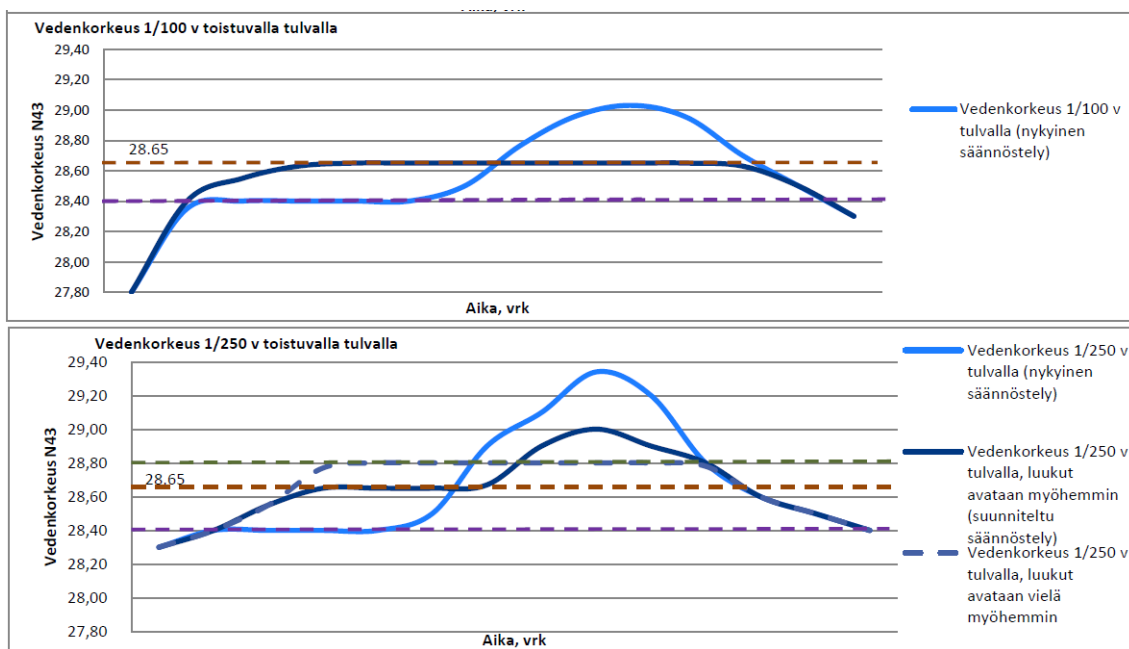
Merkittävällä tulvariskialueella on katujakokaappeja, joita käytetään tietoliikenteen jakamiseen. Katujakokaappi voi rikkoutua, mikäli vesi nousee kaapin kohdalla yli 0,5 m. Seuraavassa taulukossa 10 on tulvavaarassa olevien katuojakaappien määrä eri tulvan toistuvuudella. Kaappien korkeudet eivät ole kuitenkaan tarkasti tiedossa, joten taulukkoon on koottu myös ne katuojakaapit, joissa vesikorkeus jää alle 0,5 m. Tulvat voivat estää myös sähkönjakelun kastelemalla sähköä jakavia puisto- ja avomuuntajia, jotka sijaitsevat maan tasalla. Sen sijaan pylväsmuuntajat ovat turvassa tulvilta korkeiden tolppien päässä. Taulukossa 10 on esitettyä myös nämä vaarassa olevat sähkönjakelumuuntajat. Tulvavaarassa olevien katuojakaappien sekä puisto- ja avomuuntajien määrät kasvavat tulvan toistuvuuden harvinaistuessa. Muuntajien lisäksi tulva-alueella mahdollisesti olevista muista sähkönjakelukaapeista ei ole ollut saatavilla tarkempaa tietoa. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2014, s. 8-9)

Taulukko 10. Tulvavaarassa olevien katuojakaappien sekä puisto- ja avomuuntamoiden määrä eri tulvan toistuvuuksilla. (mukailten Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2014, s. 8)

Tulvan toistuvuus	Tulvavaarassa olevat katuojakaapit	Tulvavaarassa olevat puisto- ja avomuuntamot
1/20	2	0
1/50	16	5
1/100	33	5
1/250	47	7
1/1000	77	16

5 VIRTAUSMALLINNUKSEN PÄIVITYS

Ulkopuolinen konsultti Insinööritoimisto Pekka Leiviskä laati Lapuanjoen pengerrysalueelle tulvamallinnuksen, jossa tarkasteltiin tulvaluukkujen avauskorkeuden muutoksen vaikutusta toistuvuuden kerran 100 vuodessa sekä kerran 250 vuodessa tapahtuvilla tulvilla. Tarkoituksena oli selvittää, pystytäänkö tulvaluukkujen avausta muuttamalla vaikuttamaan pengerrysalueiden varastoinnin optimointiin ja maksimivedenkorkeuden leikkaamiseen, kuten Lapuanjoen vesistöalueen tulvariskien hallintasuunnitelmassa oli arvioitu. Alla olevassa kuvassa 20 nähdään tämä arvioitu vaikutus kyseisille tulvan toistuvuuksille. Korkeampi avauskorkeus niin sanotusti lisäisi pengerrysalueilla olevaa varastotilavuutta, kun se otettaisiin käyttöön vasta myöhemmässä tulvan vaiheessa.



Kuva 20. Pengerrysalueen tulvaluukkujen käytön muutoksen vaikutus Poutun havaintoaseman kohdalla tulvan toistuvuuksilla 1/100 ja 1/250. (mukaiillen Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 117)

Mallinnuksessa käytettiin pohjana mallia, jonka ensimmäinen versio on tehty vuonna 2006. Silloin malliin oli syötetty poikkileikkaukset sekä pääosin muut rakenteet. Pekka Leiviskä muokkasi mallia vuonna 2012. Viimeisimmät muokkaukset virtausmalliin on tehty vuonna 2016 ELY-keskuksen harjoittelija Antti Tammisen toimesta. Virtausmallinnukset on tehty käyttämällä avouoman virtaukseen soveltuva HEC-RAS

5.0.3 laskentaohjelmaa. Mallinnettu alue on Lapuanjoen uoman paaluväli 414+00 – 825+00. Pengerrysalueen paaluluvut näkyvät kuvassa 16. Virtausmallissa käytetyt Lapuanjoen poikkileikkaukset sekä siltojen ja pohjapatojen poikkileikkaukset ovat peräisin saman konsultin vuonna 2012 laatimasta virtausmallista. Poikkileikkaukset on määritetty N_{60} -korkeusjärjestelmässä.

Vain pääuoma on mallinnettu uomana, sivujoet on lisätty virtaamanlisäyksinä pääuomaan. Uoman alapuolinen reunaehto on uoman pituuskaltevuus 0,0002. Penkereiden varastointitilat on määritetty Storage Area – alueeksi. Mallissa käytetään Rambollin (2011) määrittelemiä varastotilavuuksia, jotka ovat esitettynä taulukossa 11. (Leiviskä 2017, s. 8)

Taulukko 11. Mallissa käytetyt varastotilavuudet. (mukaillen Leiviskä 2017, s. 8)

Pengerrysalue	Vedenkorkeusväli varastotilavuuden laskemiseksi ($N_{60} + m$)	Varastotilavuus (milj. m^3)
Itäpuolen pengerrysalue	24,42 – 28,81	42,2
Löyhingin pengerrysalue	24,12 – 28,81	45,7
Haapojan pengerrysalue	24,50 – 28,81	27,4
Ämpin pengerrysalue	25,00 – 28,81	12,9
Yhteensä		128,2

Virtausmalliin on silta- ja pohjapatorakenteiden lisäksi tallennettu penkereiden vettä päästävät rakenteet, joita ovat tulvaluukut sekä tulvakynnykset. Seuraavassa taulukossa 12 on esitetty mallinnettujen tulvakynnysten ja -luukkujen tiedot. Niiden sijainnit ja geometriatiedot on syötetty lupaehtojen ja suunnitelmien määritelmien mukaan. (Leiviskä 2017, s. 9)

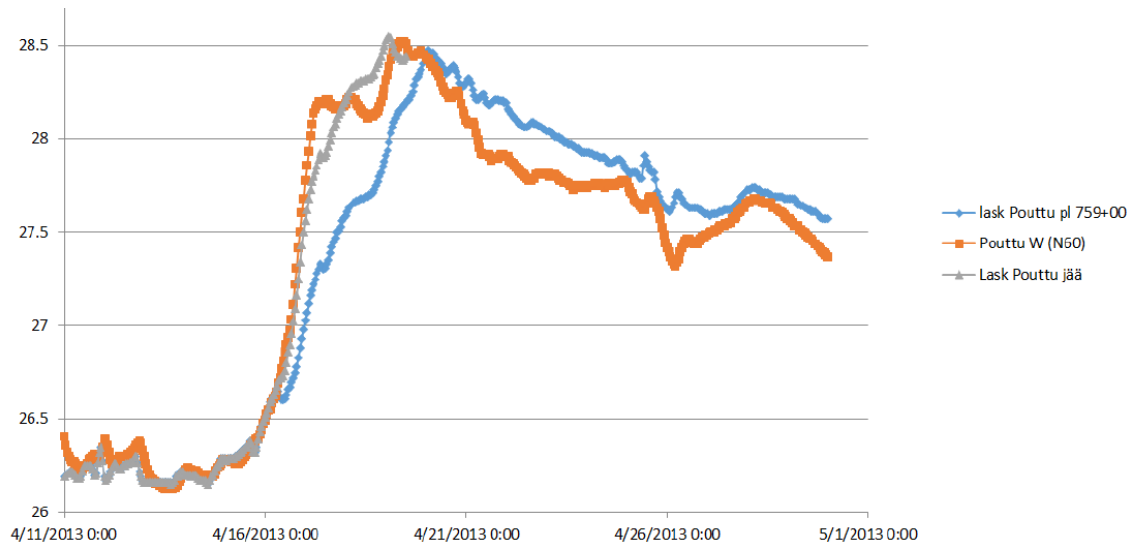
Taulukko 12. Mallinnetut tulvakynnykset ja -luukut. (mukaillen Leiviskä 2017, s. 9)

Nimi	Paaluluku	Leveys (m)	Korkeus (N ₆₀ + m)	Purkautumiskerroin
Tuomiston tulvakynnys	739+50	100	28,58	0,28
Löyhingin tulvakynnys	719+90	200	28,43	0,28
Eskelin tulvaluukku	716+40	6	24,43	0,50 (1,67)*
Löyhingin tulvaluukku	665+43	6	24,13	0,50 (1,67)*
Haapojan tulvakynnys	618+21	43	27,49	0,28
Ämpin tulvakynnys	597+22	45	27,41	0,28

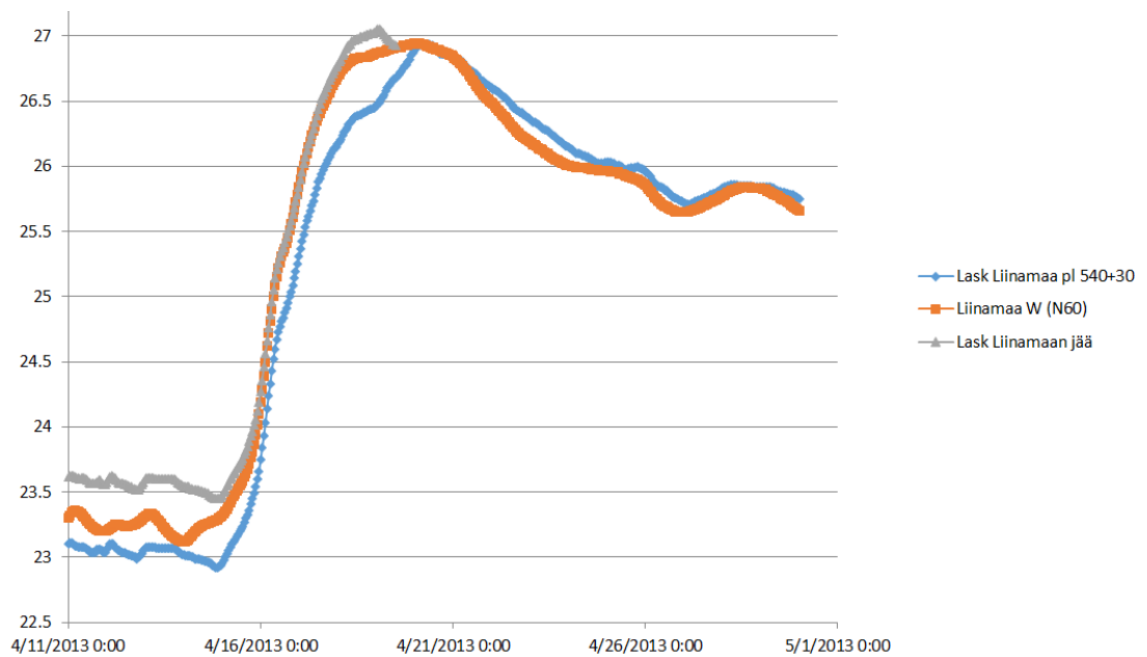
*) Suluissa purkautumiskerroin, kun luukku on nostettu kokonaan ylös vedestä.

Mallin kalibrointiin käytettiin virtaama-aineistoa, joka on peräisin vuoden 2013 huhtikuulta. Muuttuvan virtauksen malli on kalibroitu käyttäen Antti Tammisen määrittämiä SYKEN ja havaintoaineistojen avulla luotuja virtaamia. Uoman karkeuskerrointa myös tarkennettiin kalibroinnin yhteydessä. Valmiin muokatun mallin laskemat vedenkorkeudet sekä havaittujen vedenkorkeuksien vertailu nähdään kuvissa 21 ja 22. Niistä huomataan, että malli kuvastaa hyvin toteutunutta tilannetta muuten paitsi tulvan voimakkaassa nousuvaiheessa. Tähän vaikuttaa se, ettei jäätilannetta ole vielä tässä mallinnuksen vaiheessa otettu huomioon. (Leiviskä 2017, s. 9-10, 14-16)

Jääkannen vaikutusta vedenkorkeuksiin arvioitiin käyttämällä 0,5 m paksuista jääkantta mallissa, jonka arvellaan edustavan kevään 2013 keskimääräistä jäänpaksuutta. Kevätjääät ovat jo hieman ikääntyneitä, mikä tarkoittaa rosoista pintaa ja suurempaa virtausvastusta, joten tilanteeseen arvioitiin sopivaksi karkeuskertoimeksi 0,010. Jäiden lähtö ajoitettiin ajankohtaan 19.4.2013, jolloin Haapojan pengerrykseltä otetut kuvat osoittavat yhtenäisen jääkannen rikkoutuneen. Kuvista 21 ja 22 nähdään, että jääkannen lisäys tarkentaa mallia merkittävästi tulvan nousuvaiheessa. Hieman yleistäen voidaan arvioida jääkannen nostavan vedenkorkeutta 120 % jääkannen paksuudesta, eli vesi nousee hieman jääkannen paksuutta enemmän. (Leiviskä 2017, s. 41-43)



Kuva 21. Lapuanjoessa Poutun kohdalla olevalla mittauspisteellä kevään 2013 tulvassa havaitut vedenkorkeudet, sekä simuloituissa avovesitilanteessa ja jääkansitilanteessa saadut vedenkorkeudet. (Leiviskä 2017, s. 42)



Kuva 22. Lapuanjoessa Liinamaan sillan kohdalla olevalla mittauspisteellä kevään 2013 tulvassa havaitut vedenkorkeudet, sekä simuloituissa avovesitilanteessa ja jääkansitilanteessa saadut vedenkorkeudet. (Leiviskä 2017, s. 42)

Tulvaluukkujen avautumisnopeudeksi on määritetty Kyrönjoen Ionojan ja Röyskölän tulvaluukkujen vuoden 2012 ja 2013 tulvien avautumisnopeuksien keskiarvo, sillä Lapuanjoen tulvaluukkujen avaustietoja ei ollut saatavilla. Avautumisnopeutena on

käytetty 26 cm/h ja avauskorkeusmaksimi on 2 metriä, jottei virtaamat nouse virtausmallissa liian suuriksi ja pengerrysalueet täyty liian nopeasti. Löyhingin ja Haapojen pengerrysalueiden välille on määritelty virtaamamahdollisuus riittävällä vedenkorkeudella madaltuneen penkereen takia. (Leiviskä 2017, s. 9)

Tulvaluukut määritettiin avautumaan niin kauan kuin vedenpinta Poutun sillan yläpuolella on korkeudessa $N_{60} + 28,53$ m tai sen yli. Tulvaluukut alkavat sulkeutumaan, kun vedenkorkeus on 0,10 m avauskorkeutta alempana. Avaus- ja sulkukorkeuksien välisellä vedenkorkeudella tulvaluukut pysyvät auki sillä avauksella, mille ne jäivät ennen sulkeutumisen tai avautumisen keskeytymistä. Virtausmallinnuksessa tarkastellaan ensimmäisenä tarkasteluna nykyisiä tulvaluukkujen avaus- ja sulkukorkeuksia ja toisena tarkasteluna tilannetta, jos tulvaluukkujen avaus- ja sulkukorkeutta nostetaan 0,20 m. Taulukosta 13 nähdään tulvaluukkujen avaus- ja sulkukorkeudet Poutun sillan yläpuolisella poikkileikkauksella pl 760+00 molemmissa tarkastelutilanteissa. (Leiviskä 2017, s. 17)

Taulukko 13. Tulvaluukkujen avaus- ja sulkukorkeudet nykyisellä ja +0,20 m korotetulla avauskorkeustilanteilla Poutun sillan yläpuolella. (mukaillen Leiviskä 2017, s. 18)

Tulva-luukku	Sijainti mallissa (pl)	Nykyinen avauskorkeus pl 760+00 ($N_{60} + m$)	Nykyinen sulkukorkeus pl 760+00 ($N_{60} + m$)	+0,20 m avauskorkeus pl 760+00 ($N_{60} + m$)	+0,20 m sulkukorkeus pl 760+00 ($N_{60} + m$)
Eskeli	716+40	28,53	28,43	28,73	28,63
Löyhinki	665+43	28,53	28,43	28,73	28,63

Virtaamatiedot kerran 100 ja kerran 250 vuodessa tapahtuviin tulvatilanteisiin saatiin SYKEN mallintamana vesistömallina ja niiden suuruusluokan mielekkyyttä arvioitiin Gumbelin analyysin mukaiseen toistuvuusaineistoon verraten. Taulukosta 14 nähdään vesistömallin ja toistuvuusanalyysin mukaiset ylivirtaamat molemmilla tulvatilanteille. Siitä nähdään, että arvot ovat muuten mielekkäitä, mutta Tampparinkosken kerran 250 vuodessa toistuvan tulvan maksimivirtaamat ovat noin 20 % suuremmat kuin toistuvuusanalyysissä. Eron arvellaan johtuvan pengerrysalueiden säännöstelykapasiteetista, sillä pengerrysalueille virtaavan veden ylivirtaamaa leikkaava ominaisuus vähentää virtaamaa Kepossa. Tätä leikkausta on pyritty SYKEN vesistömallissa kompensoimaan lisäämällä virtaamaa uoman yläosassa ja Kauhavanjoella, jolloin Kepossa päästään Gumbelin toistuvuuden mukaisiin arvoihin.

Selkein suuruusero voidaan kuitenkin havaita Kauhavanjoen virtaamisissa. On kuitenkin huomattava, ettei toistuvuusanalyysi ole luotettava väline säännösteltyjen alueiden alapuolisten virtaamien arvioimiseen varsinkaan silloin, kun säännöstelykapasiteettia on vielä kerran 100 vuodessa toistuvalla tulvalla käytettävissä. (Leiviskä 2017, s. 18-19)

Taulukko 14. Maksimivirtaamat kerran 100 ja 250 vuodessa toistuvilla tulvilla vesistömallilla ja Gumbelin toistuvuusanalyysillä Tampparinkosken ja Kepon mittauspaikoilla. (mukaillen Leiviskä 2017, s. 18)

Mittauspaikka	Vesistömalli HQ1/100 (m ³ /s)	Gumbel HQ1/100 (m ³ /s)	Vesistömalli HQ1/250 (m ³ /s)	Gumbel HQ1/250 (m ³ /s)
Tampparinkoski	139	139	183	154
Keppo	392	390	436	434

5.1 Päivitetyin virtausmallin havainnot

Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan tilanteessa tulvaluukkujen ja tulvakynnysten yhteiskapasiteetti riitti hyvin pitämään vedenkorkeus likimain avauskorkeuden tasolla eli kerran 20 vuodessa toistuvan tulvan mukaisessa tilanteessa. Vedenkorkeus Poutun sillan yläpuolella oli $N_{60} +28,54$ m. Pengerrysalueiden varastotilavuus riitti hyvin, eikä tulvaluukkujen tarvinnut avautua mallissa määritettyyn kahden metrin maksimiin lainkaan. Virtaus tulvaluukuista oli hieman yli 30 m³/s/tulvaluukku. Tulvaluukkujen avauskorkeuden nostaminen +0,20 m nosti vedenkorkeuksia avauskorkeuden lisäyksen verran pääuomassa. Tällöin vedenkorkeus Poutun sillan yläpuolella oli $N_{60} +28,72$ m. (Leiviskä 2017, s. 44)

Kerran 250 vuodessa toistuvan tulvan tilanteessa tulvaluukut avautuivat maksimiin kahden metrin avaukselle, jolloin virtaama oli hieman yli 50 m³/s/tulvaluukku. Varastotilavuus pengerrysalueilla ei tässä tilanteessa enää riittänyt, joten vedenkorkeus nousi reilusti kerran 100 vuodessa toistuvaan tulvatilanteeseen verrattuna. Vedenkorkeus Poutun sillan yläpuolella oli $N_{60} +29,31$ m. Tulvaluukun avauskorkeuden muutoksella ei ollut vaikutusta vedenkorkeuksiin, vaan ne olivat suunnilleen samalla tasolla kuin nykytilanteen avauskorkeudella. (Leiviskä 2017, s. 44)

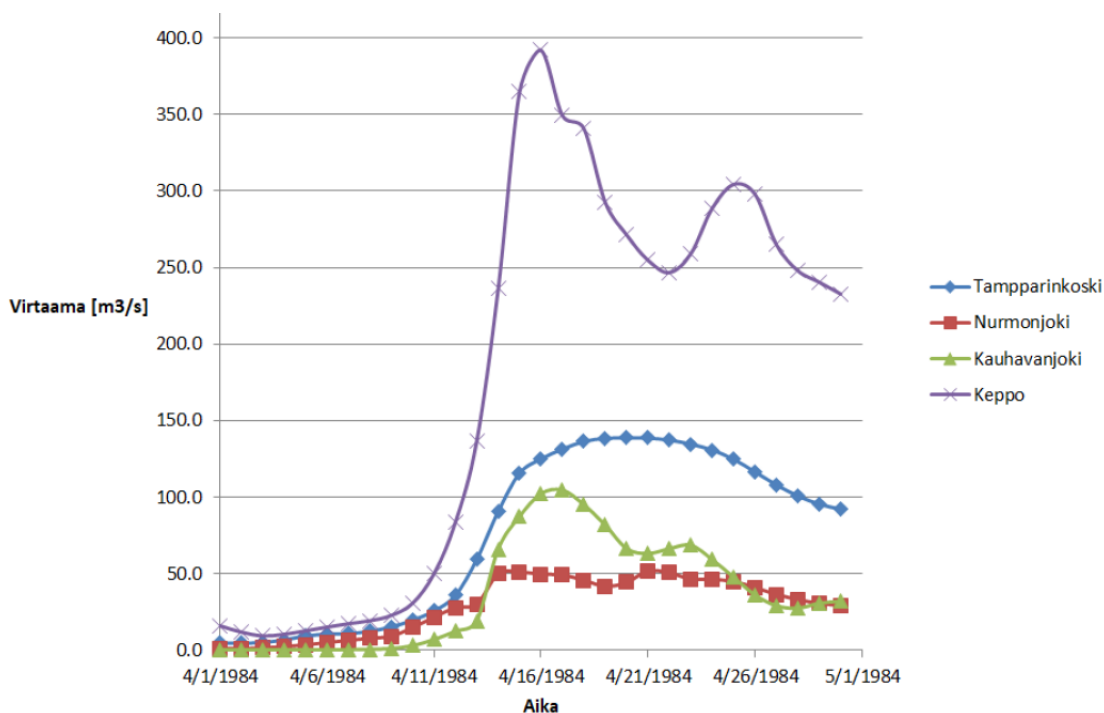
Jääkansi nostaa vedenkorkeuksia, koska se lisää uoman kokonaiskarkeutta ja näin ollen uoman vastustaa virtausta enemmän kuin avovesitilanteessa. Virtausmalliin lisätyllä jääkannella huomattiin olevan vedenkorkeutta nostava vaikutus ennen jäiden lähtöä

tulvan loppuvaiheessa. Kun virtausmalliin lisättiin jääkansi, vedenkorkeus kasvoi noin 1,2-kertaa, suuremmaksi kuin mitä malliin määritetty jäänpaksuus oli. Virtausmallissa jääkannen paksuuden oletettiin vuonna 2013 tehtyjen mittausten perusteella olevan noin 0,5 m. (Leiviskä 2017, s. 46)

Mallinnettujen tulvatilanteiden perusteella tähän diplomityöhön valittiin vertailtavaksi kerran 100 vuodessa tapahtuvan tulvatilanteen tulvaluukkujen nykyisellä luvan mukaisella nykyavauskorkeudella sekä 0,20 m korotetulla lisääavauskorkeudella tarkasteltavat tilanteet. Kerran 250 vuodessa tapahtuvan tulvan avauskorkeuksien eroja ei kannata vertailla, sillä pengerrysalueiden varastotilavuudet eivät riittäneet kummassakaan avauskorkeuksien tilanteissa. Tämän takia ei pystytä muodostamaan vertailukelpoisia kustannusarvioita pengerrysalueiden käytön muutokseen liittyen.

5.2 Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan mallinnus

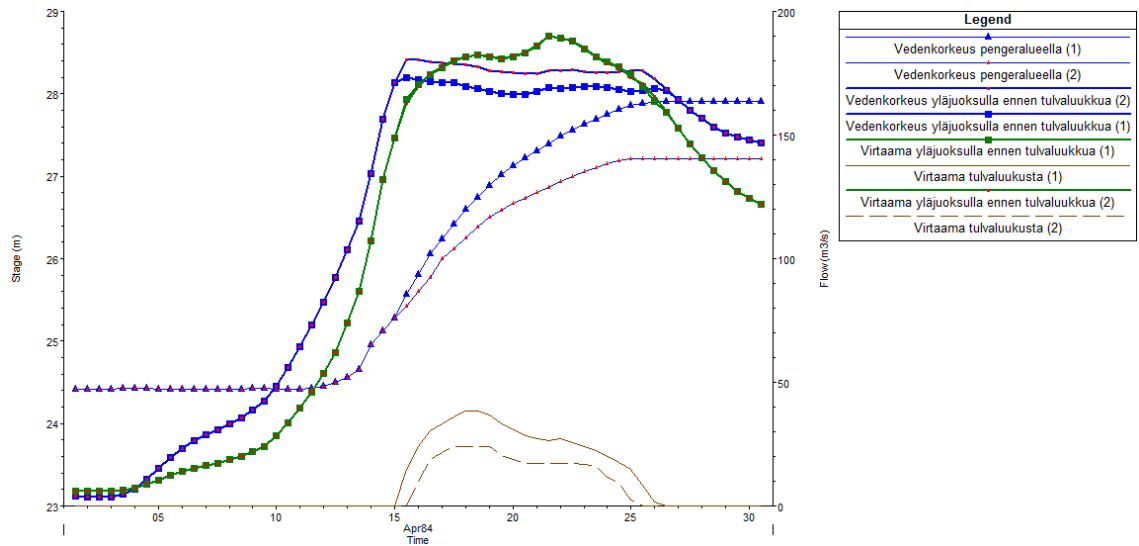
SYKE on arvioinut vesistömallilla vuoden 1984 havaintoaineistoa hyödyntäen virtaamat vastaamaan tulvatoistuvuutta kerran 100 vuodessa. Tampparinkosken, Nurmonjoen ja Kauhavanjoen virtaamien sekä pengerrysalueiden omien tulovirtaamien osalta tiedot lisättiin malliin suoraan. Vertailuvesistö periaatteella malliin lisättiin vielä Haapojanluoman + Löyhingin länsipuolelta tuleva virtaama Ämpin alapuolelle sekä Ämpäri – Pappilankari välin oman alueen tulovirtaama. Mallissa käytetyt virtaamatiedot löytyvät liitteestä 3. Seuraavassa kuvassa 23 nähdään SYKEN määrittämät vesistömallin virtaamat kerran 100 vuodessa tapahtuvan tulvan mukaisessa tilanteessa. (Leiviskä 2017, s. 19-20)



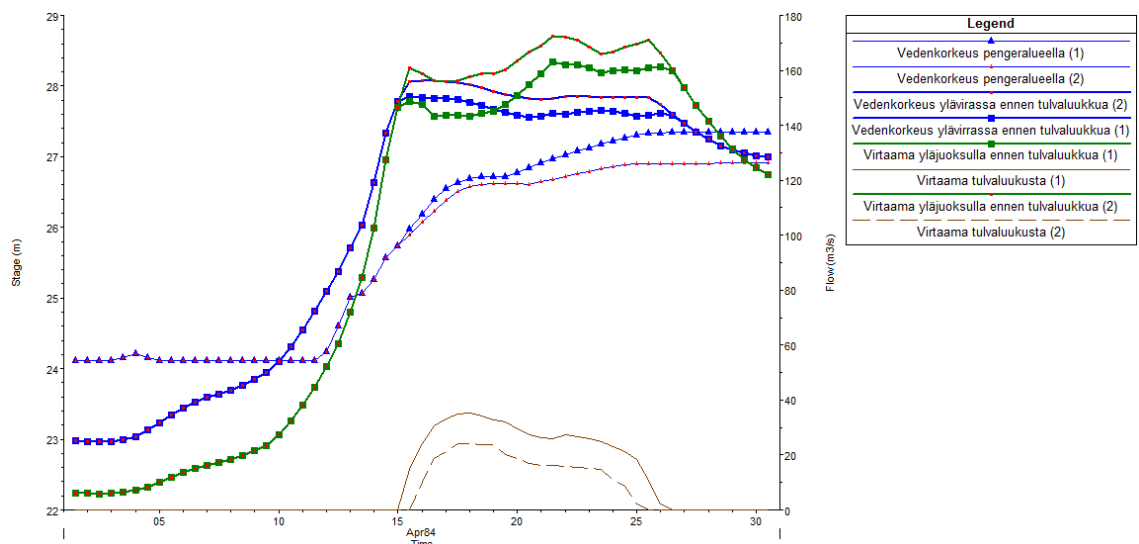
Kuva 23. Virtaamat mallinnetun alueen eri kohdissa kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan tilanteessa. Vertailuarvona Kepon virtaamamittauspiste mallinnettavan alueen alapuolella. (Leiviskä 2017, s. 20)

Mallinnuksesta saatiin tulokset, jotka on esitetty seuraavissa kuvissa. Vedenkorkeudet ja virtaamat tarkastelluille avauskorkeuksien tilanteille Eskelin tulvaluukun läheisyydessä on esitetty kuvassa 24 ja Löyhingin tulvaluukun läheisyydessä kuvassa 25. Kuvissa on esitettynä vedenkorkeudet luukkujen yläpuolella Lapuanjoessa, vedennousu tulvaluukun takana olevalla pengerrysalueella sekä virtaamat joessa tulvaluukun yläpuolella ja tulvaluukusta. Kuvista voidaan huomata, että tulvaluukkujen avauskorkeuden nosto nostaa vedenkorkeutta uoman yläjuoksulla ennen tulvaluukkuja ja laskee pengerrysalueen vedenkorkeutta. Tulvaluukkujen avauskorkeuden muutos ei vaikuta uoman virtaamaan yläjuoksulla ennen kumpaakaan tulvaluukkuja (kuva 24), mutta Löyhingin tulvaluukun yläjuoksulla (kuva 25) Eskelin tulvaluukun vaikutus virtaamaan näkyy virtaamaa lisäävänä vaikutuksena. Tulvaluukuista purkautuva virtaama pienenee tulvaluukkujen avauskorkeutta nostettaessa. Vaikka vedenkorkeus nousee uomassa tulvaluukkujen avauskorkeuden noston myötä, ei vedenkorkeus nouse nostokorkeutta 0,2 m enempää missään tulvan vaiheessa. Tämä tarkoittaa sitä, että pengerrysalueiden varastotilavuus riittää, eikä tulvan huippu pääse kasvamaan määritettyä tulvaluukkujen avauskorkeutta suuremmaksi. Kuvien tuloksista päätellen pengerrysalueiden toimivuus on optimaalinen veden varastoimiseksi alueella, sillä se riittää leikkaamaan tulvan

vedenkorkeutta joessa koko sen keston ajan. Taulukossa 15 on esitettyä, miten pengerrysalueet täyttyvät. Nykyavauskorkeuden tilanteessa pengerrysalueiden kokonaisvarastotilasta on 45 % ja lisäävauskorkeuden tilanteessa 30 % käytössä. Maksimitilavuutena on käytetty Rambollin vuonna 2011 määrittelemiä varastotilavuuksia.



Kuva 24. Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan vedenkorkeudet (m) ja virtaamat (m^3/s) Eskelin tulvaluukun läheisyydessä nykyavauskorkeuden (1) ja lisäävauskorkeuden (2) tarkastelutilanteissa.



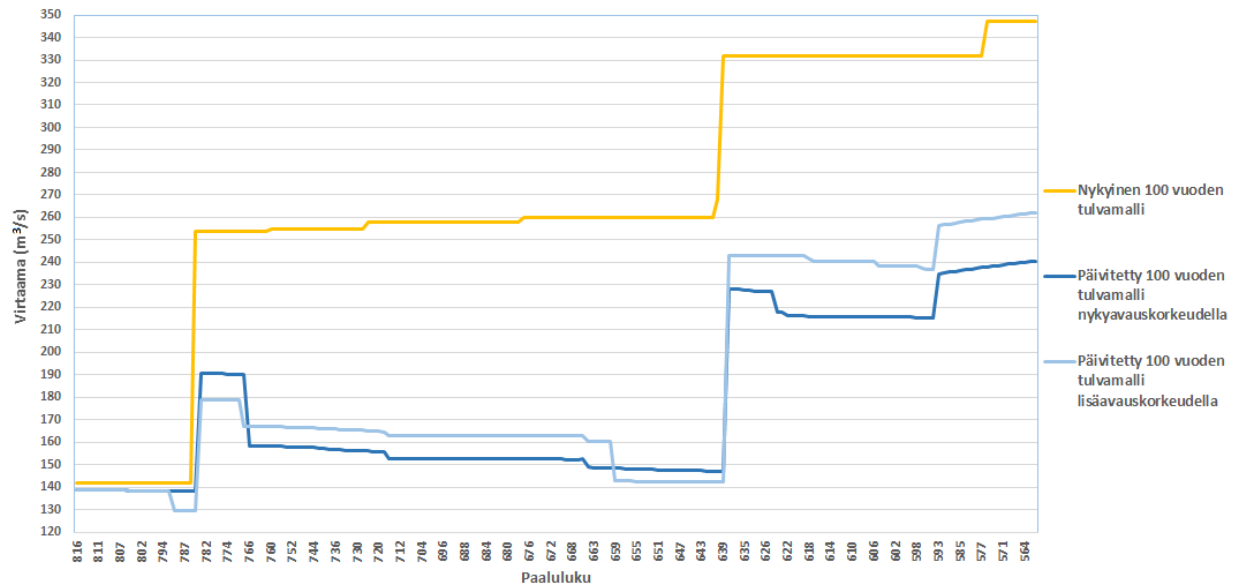
Kuva 25. Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan vedenkorkeudet (m) ja virtaamat (m^3/s) Löyhingin tulvaluukun läheisyydessä nykyavauskorkeuden (1) ja lisäävauskorkeuden (2) tarkastelutilanteille.

Taulukko 15. Pengerrysalueiden varastotilojen täyttyminen kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan eri avauskorkeuden tilanteissa. (mukaillen Leiviskä 2017, s. 24)

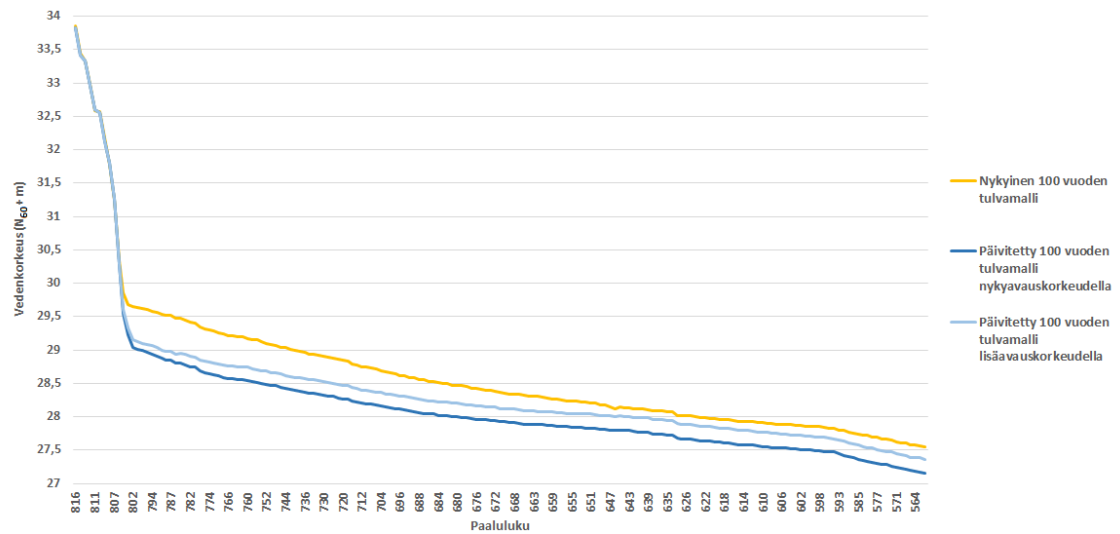
Pengerrys- alue	Max. tilavuus (milj. m ³)	Nykyavaus- korkeuden täyttötilavuus (milj. m ³)	Täyttö- aste (%)	Lisäavaus- korkeuden täyttötilavuus (milj. m ³)	Täyttö- aste (%)
Itäpuoli	42,2	25,5	60	15,5	37
Löyhinki	45,7	17,6	39	11,6	25
Haapoja	27,4	13,4	49	9,5	35
Ämpä	12,9	0,9	7,0	1,4	11
Yhteensä	128,2	57,4	45	38	30

5.3 Nykyisen ja päivitetyn virtausmallin vertailu

Nykyistä ja päivitettyä virtausmallia vertailtaessa huomataan, että päivitettyssä muuttuvan virtaaman mallissa virtaamien (Kuva 26) ja vedenkorkeuksien (Kuva 27) huiput paaluluvuittain poikkeavat nykyisen tasaisen virtaaman mallin huipuista. Suurin ero muodostuu Nurmonjoen ja Kauhavanjoen virtaamien lisäyksistä paalulukujen kohdalla 784 ja 640. Nämä arvot on määritetty uudelleen päivitettyyn virtausmalliin SYKEN toimesta. Kuvissa näkyy Poutun padon ja tulvaluukkujen virtaamaa pienentävät vaikutukset sekä siltojen padotuksen aiheuttama, virtaamaa nostava vaikutus. Vedenkorkeuksien ero nykyisen virtausmallin ja päivitettyjen virtausmallien välillä pysyy lähes samana koko uoman pituudella, toisin kuin virtaamien välillä. Virtausmallien rakenne-erojen takia päivitetyn mallin pohjalta saatavat kerran 100 vuoden toistuvuuden tulva-alueen koko vastaa suunnilleen nykyisen mallinnuksen kerran 50 vuodessa tapahtuvan tulva-alueen kokoa.



Kuva 26. Nykyisen ja päivitetyn virtausmallin virtaamien huiput (m^3/s) paaluluvuittain.



Kuva 27. Nykyisen ja päivitetyn virtausmallin vedenkorkeuksien huiput ($\text{N}_{60} + \text{m}$) paaluluvuittain.

6 TULVAKARTOITUKSEN PÄIVITYS

Päivitetty tulvakartoitus on rakennettu Maanmittauslaitoksen korkeusmallin (2 m x 2 m ruutukoko) ja taustakartan päälle. Maanmittauslaitoksen korkeusmalli on muunnettu N2000-korkeusjärjestelmästä N60-korkeusjärjestelmään muutostyökalulla. Lapuan ja Kauhavan uusien rakennuskorkeusmittauksien perusteella tehdyt sokkeli- ja kellarikorkeusmallitasot lisättiin tulvakarttaan omana tiedostonaan. Tulvakarttaan lisättiin vielä Lapuanjoen varrelle ne infoviivat, jotka ovat virtausmallinnuksen paalulukujen kanssa yhteneväiset.

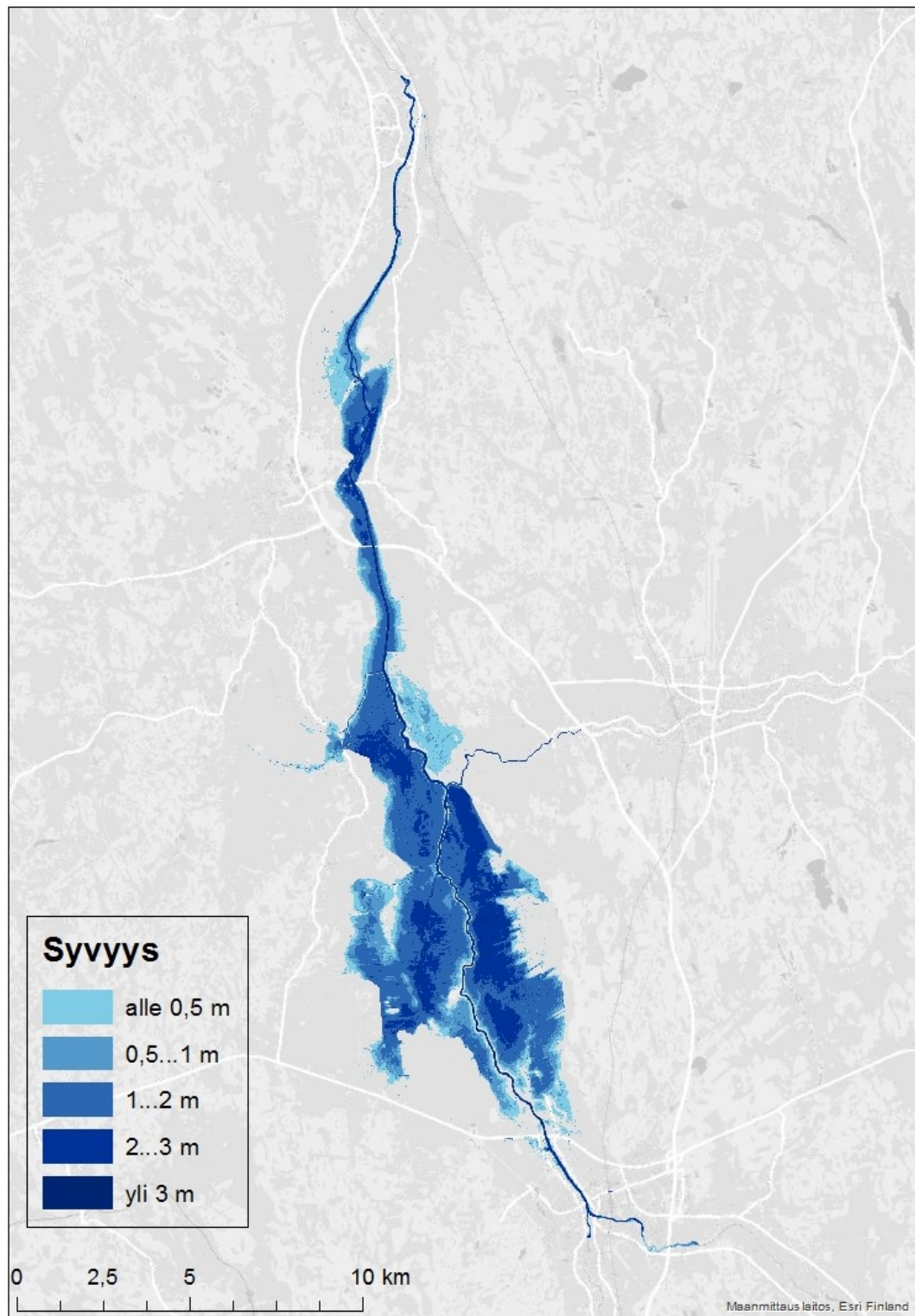
Päivitettyyn tulvakartoitukseen poimittiin konsultin tekemästä päivitetystä virtausmallista kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan maksimikorkeudet nykyavauskorkeuden ja 0,20 m lisäävauskorkeuden tulvatilanteiden jokaiselle mallinnetun alueen paaluluvulle. Maksimivedenkorkeudet kuvaavat vedenkorkeutta, jolle vesi korkeintaan nousee tulvan aikana kyseisen paaluluvun kohdalla. Muutamia poimintoja mallinnetuista maksimivedenkorkeuksista eri paaluluville ja pengerrysalueille näkyvät liitteessä 4. Aiemmin lisätyt infoviivat ja virtausmallin maksimivedenkorkeudet yhdistettiin omaksi tiedostoksi.

Pengerrysalueista muodostettiin omat alueet, joita käytettiin tulvakartoitustyökalussa. Pengerrysalueista oli valmiina penkereitä myötäilevät viivat, jotka yhdistettiin selvästi todellista suuremmiksi erillisiksi pengerrysalueiksi. Tämä tehtiin sen takia, ettei joen tulvavedenkorkeus vaikuta virheellisesti pengerrysalueiden takana.

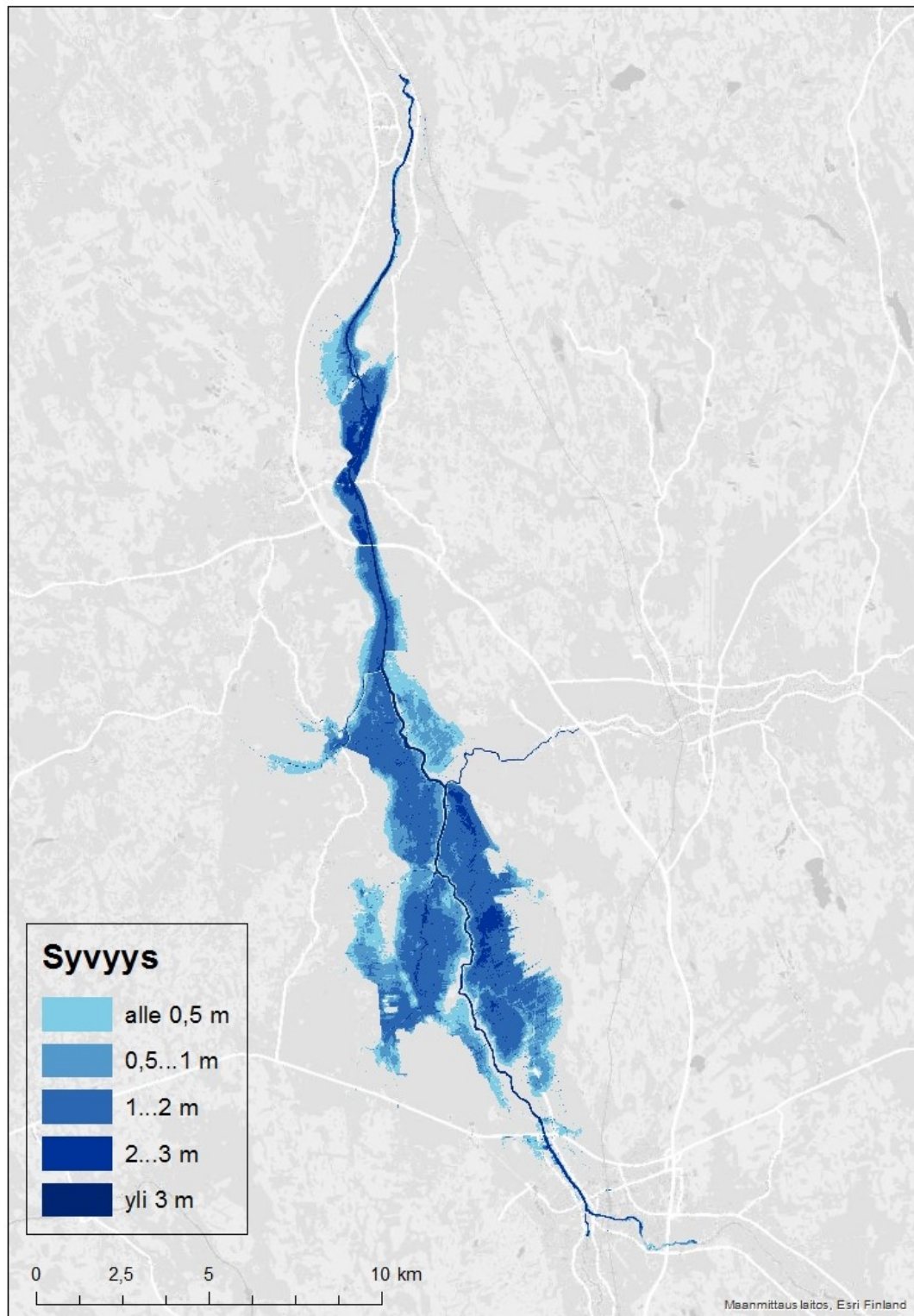
Tulvakartan rakentamiseen käytettiin SYKEN tulvakartoitustyökalua, jonka avulla tulvan leviäminen voidaan esittää veden syvyysluokittain. Tulvakartoituksessa mallinnettiin pengerrysalueet ja jokialue erikseen, koska tulvavesi ei pääse nousemaan pengerrysalueilla yhtä korkealle kuin muualla joen varressa. Tulvakartoitustyökalussa korkeusmallina käytettiin sokkeli- ja kellarikorkeusmallitasoja, jotka sisältävät uusimpien rakennusmittausten korkeustiedot. Jokialueen tulvakartoituksessa vedenkorkeuksina käytettiin tiedostoa, joka sisälsi tarkastellun tulvatilanteen maksimivedenkorkeudet sekä niitä vastaavien infoviivojen tiedot. Pengerrysalueet kartoitettiin 10 cm korkeusvälein alkaen pengerrysalueen suurimmasta varastotilavuuden korkeudesta $N_{60} + 28,81$ m ja loppuen kunkin pengerrysalueen pienimpään korkotasoon. Virtausmallinnuksen tietojen perusteella voitiin suodattaa näistä 10 cm korkeusväleistä

pois kuivina pysyvät korkeusvälit ja jakaa kastuvat korkeusvälit jokialueen tulvakartoitusta vastaaviin syvyysluokkiin.

Tulvakartoituksen päivityksessä saadut tulva-alueet ovat nykyavauskorkeudelle kuvassa 28 ja lisäävauskorkeudelle kuvassa 29. Kuvista voidaan huomata, että lisäävauskorkeuden tilanteessa veden syvyys ja levinneisyys pengerrysalueilla pienenee ja vastaavasti pengerrysalueiden ulkopuolella kasvaa nykyavauskorkeuden tilanteeseen verrattuna. Tämä johtuu siitä, että lisäävauskorkeuden tilanteessa vettä päästetään tulvaluukuista pengerrysalueille vähemmän kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa. Tällöin uomassa kulkee enemmän vettä kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa ja vedenpinta uomassa nousee siihen verrattuna. Ämpin pengerrysalueella veden syvyys ja levinneisyys kasvaa lisäävauskorkeuden tilanteessa, toisin kuin muilla pengerrysalueilla, sillä vesi pääsee tälle alueelle pelkästään tulvakynnyksistä. Uoman vedenpinnan noustessa myös vesimäärä Ämpin pengerrysalueella kasvaa.



Kuva 28. Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan nykyavauskorkeuden tulvatilanteen päivitetyn tulvakartoituksen tulvasyvyys mallinnetulla alueella.



Kuva 29. Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan lisäävauskorkeuden tulvatilanteen päivitetyn tulvakartoituksen tulvasyvyys mallinnetulla alueella.

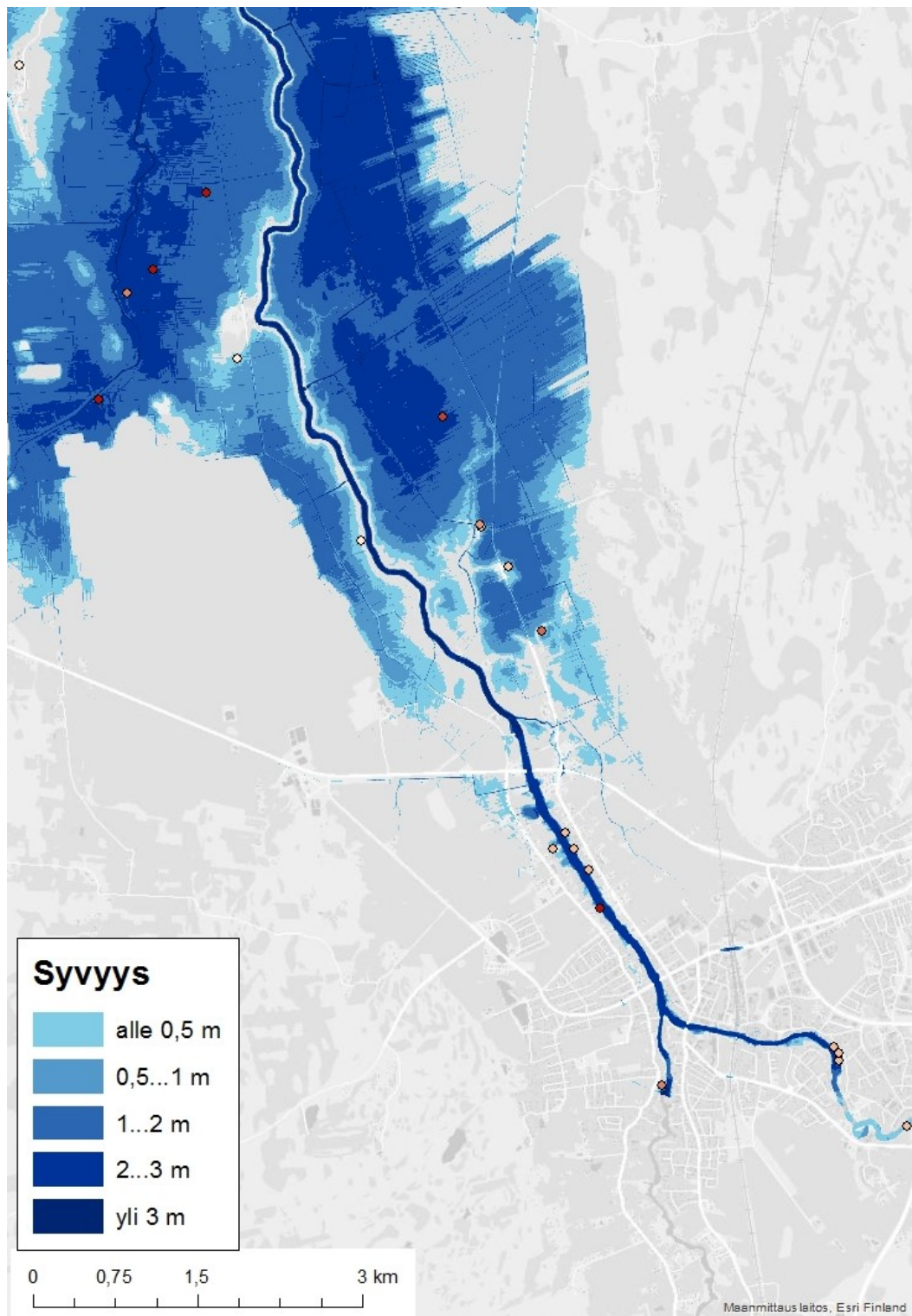
7 TULVAVAHINKOJEN KUSTANNUKSET

Seuraavaksi käydään läpi eri tulvatilanteiden aiheuttamien vahinkojen kustannuksia. Tässä tulvakartoituksessa ei otettu huomioon kaikkia nykyisessä tulvakartoituksessa huomioon otettuja kohteita, vaan keskityttiin eniten huolta Lapuan kaupungin, jätevesilaitoksen ja maanviljelijöiden keskuudessa aiheuttaviin kohteisiin. Aluksi esitetään, miten päivitettyyn tulvakartoitukseen lisättiin tarkasteltavat kohteet ja millaisia tuloksia päivitetyn tulvakartoituksen perusteella saatiin tulva-alueella olevista kohteista. Tämän jälkeen käydään läpi kartoituksen perusteella lasketut vahinkokustannusarviot. Kustannusarvioissa on käytetty uusimpia saatavilla olevia tietoja.

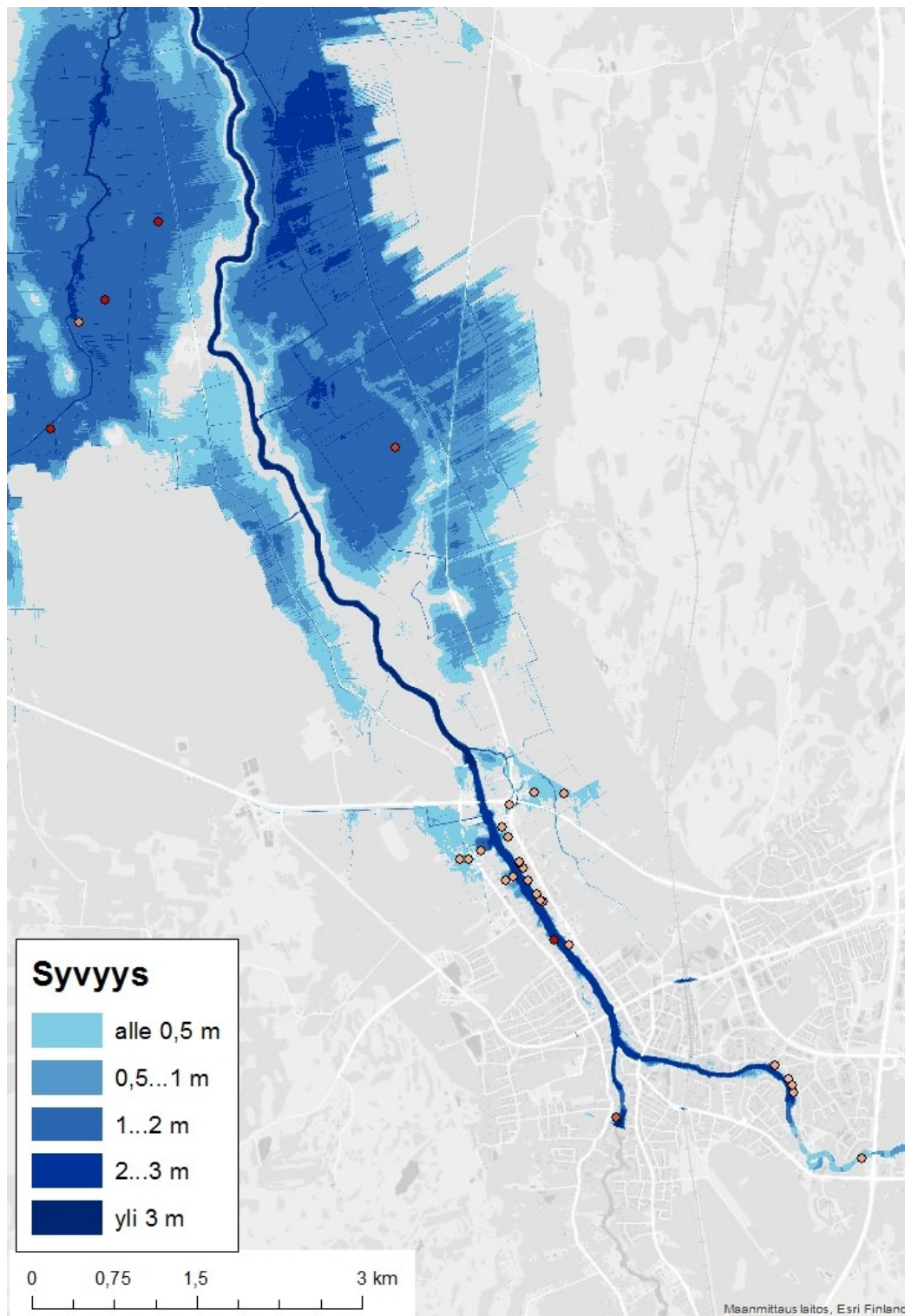
7.1 Vahinkokustannuksia aiheuttavat tekijät

7.1.1 Rakennukset

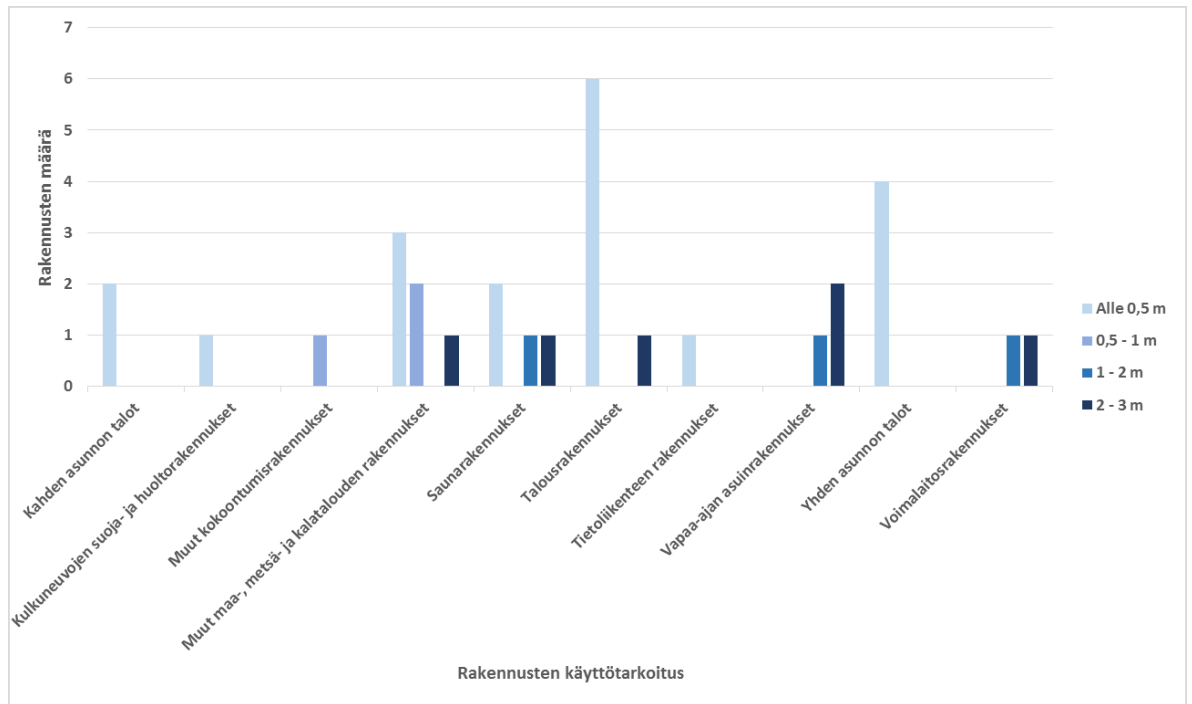
Tulva-alueen rakennukset määritettiin käyttämällä Väestörekisterin RHR rakennustietoja ja uusien rakennuskorkeusmittauksien perusteella tehtyjä sokkeli- ja kellarikorkeusmallitasoja. Tulvasyvyystietojen kanssa yhdistettyä saatiin tiedot, kuinka paljon minkäkin kategorian rakennuksia jää kunkin syvyysluokan tulva-alueelle uusien rakennusmittauksien, sekä päivitetyn virtausmallinnuksen perusteella. Päivitetyn tulvakartoituksen perusteella nykyavauskorkeuden tilanteessa kastuvia rakennuksia on yhteensä 31 ja lisääavauskorkeuden tilanteessa 42. Kastuvien rakennuksien määrä jakautuu nykyavauskorkeuden tilanteessa (kuva 30) suunnilleen tasan pengerrysalueiden ja Lapuan taajaman välillä, mutta lisääavauskorkeuden (kuva 31) tilanteessa Lapuan taajamassa kastuu selvästi enemmän rakennuksia kuin pengerrysalueilla. Kastuvat rakennukset ovat pääasiassa nykyavauskorkeuden tilanteessa (kuva 32) talousrakennuksia, muita maa-, metsä- ja kalatalouden rakennuksia, sekä yhden tai kahden asunnon rakennuksia. Lisääavauskorkeuden tilanteessa (kuva 33) kastuvat rakennukset ovat pääasiassa yhden asunnon rakennuksia, talousrakennuksia, saunarakennuksia sekä muita maa-, metsä- ja kalatalouden rakennuksia. Talousrakennukset sekä muut maa-, metsä- ja alatalouden rakennukset ovat kylmiä varastorakennuksia tai muita kevytrakenteisiä rakennuksia.



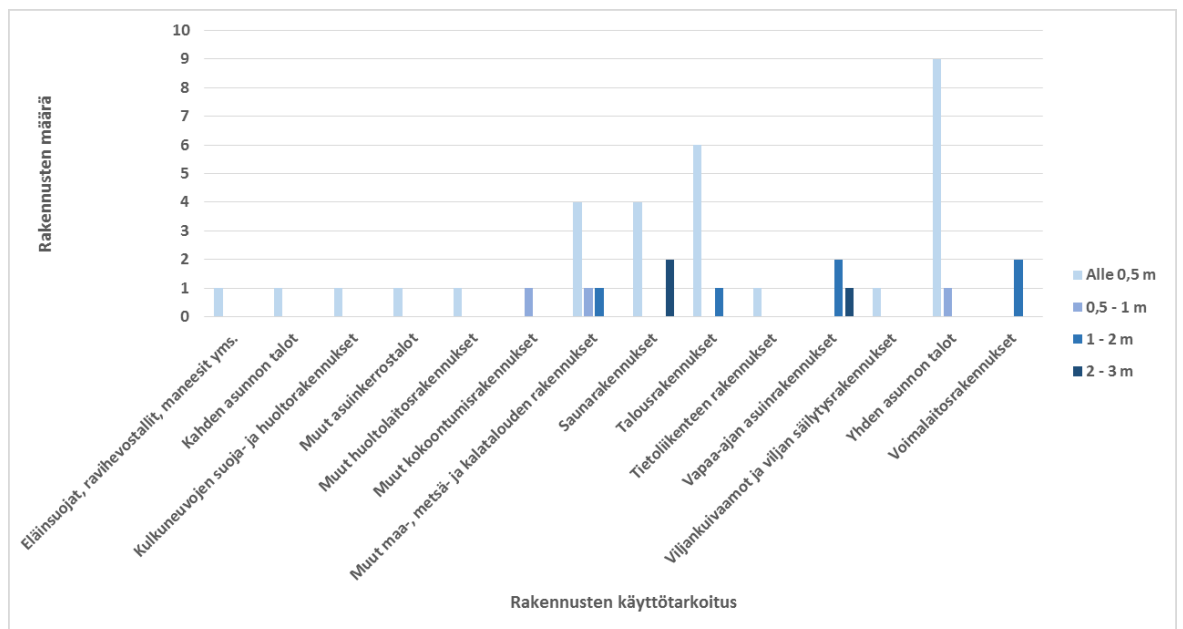
Kuva 30. Sokkelin korkeuden perusteella kastuvien rakennuksien sijainnit kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan nykyavauskorkeuden tilanteessa.



Kuva 31. Sokkeli korkeuden perusteella kastuvien rakennuksien sijainnit kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan lisäävauskorkeuden tilanteessa.



Kuva 32. Sokkeli korkeuden perusteella kastuvat rakennukset syvyys- ja käyttötarkoituserittäin kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan nykyavauskorkeuden tarkastelutilanteessa.



Kuva 33. Sokkeli korkeuden perusteella kastuvat rakennukset syvyys- ja käyttötarkoituserittäin kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan lisäävauskorkeuden tarkastelutilanteessa.

7.1.2 Viljelysmaat

Tulvamallinnuksessa käytettiin tulvan alle jäävien peltoalueiden määrittämiseen Maaseutuviraston ylläpitämää peltolohkorekisterin karttatasoa. Peltolohkorekisterissä on tiedot viljellyistä kasvilajeista ja hehtaarimääristä. Tulvamallinnuksen perusteella valittiin kustannustarkasteluun pinta-alaltaan merkittävimmät viljeltyt kasvilajit, jotka on esitetty taulukoissa 16 ja 17 tulvaluukkujen molemmille avauskorkeuksien tarkastelutilanteille. Taulukoissa ovat sekä pengerrysalueiden pellot, että muut jokivarren kastuvat pellot. Alueen selvästi merkittävin viljelty kasvilaji on rehuohra ja sen jälkeen kaura ja kevätvehnä. Tulvaluukkujen avauskorkeuden nostaminen vähentää kastuvien peltojen määrää pengerrysalueella, mutta samanaikaisesti lisää niitä muualla joen varrella. Tulvaluukkujen avauskorkeuden korotus vähentää kuitenkin kastuvien peltojen kokonaismäärää.

Taulukko 16. Nykyavauskorkeuden päivitetyn tulvakartoituksen kastuvat peltoalat (ha) kasvilajeittain.

Syvyysluokka	0-0,5 m	0,5-1 m	1-2 m	2-3 m	Yli 3 m	Kaikki yhteensä (ha)
Kaura	113	289	546	278	0	1 226
Kevätrapsi	3	19	16	41	0	79
Kevätrypsi	33	39	138	45	0	255
Kevätvehnä	92	210	331	124	0	757
Kumina	0	30	37	40	0	107
Mallasohra	14	3	8	5	0	30
Monivuotiset kuivaheinä-, säilörehu- ja tuorerehunurmet	99	80	206	116	0	501
Rehuohra	276	564	1 522	749	5	3 117
Syysruis	13	61	35	11	0	120
Syysvehnä	35	6	33	1	0	75
Tärkkelysperuna	8	35	104	45	0	191
Kaikki yhteensä (ha)	686	1 335	2 978	1 455	5	6 459

Taulukko 17. Lisäavauskorkeuden päivitetyn tulvakartoituksen kastuvat peltoalat (ha) kasvilajeittain.

Syvyysluokka	0-0,5 m	0,5-1 m	1-2 m	2-3 m	Yli 3 m	Kaikki yhteensä (ha)
Kaura	138	314	572	138	0	1 162
Kevätrapsi	13	0	57	10	0	79
Kevätrypsi	19	73	117	21	0	230
Kevätvehnä	122	215	317	90	0	744
Kumina	9	37	53	14	0	113
Mallasohra	0	8	8	0	0	16
Monivuotiset kuivaheinä-, säilörehu- ja tuorerehunurmet	45	125	186	71	0	428
Rehuohra	327	719	1 601	336	0	2 983
Syysruis	42	38	43	7	0	130
Syysvehnä	14	14	14	6	0	48
Tärkkelysperuna	15	36	118	32	0	202
Kaikki yhteensä (ha)	745	1 580	3 085	726	0	6 136

7.1.3 Pengerrysalueet ja pumppaamot

Tulvaveden noustessa jokiuomassa riittävän korkealle, penkereiden tulvaluukut avataan ja vesi päästetään pengerrysalueille. Jos vedenpinta jatkaa nousemistaan, vedet pääsevät myös tulvakynnyksistä pengerrysalueille. Tällä voidaan estää tai hidastaa vedenkorkeuden nousu Lapuan taajamaa uhkaavalle tasolle.

Kuvassa 16 nähdään pengerrysalueen pumppaamojen, tulvaluukkujen ja kynnysten sijainnit. Itäpuolen pengerrysalueelle tulvavedet pääsevät Eskelin tulvaluukun sekä Tuomiston tulvakynnyksen kautta ja vesi purkautuu Särkymän sekä Ruhansaaren pumppaamoiden kautta. Eskelin pumppaamo ei ole toiminnassa. Ruhansaaren tyhjennysluukua voidaan käyttää pengerrysalueen tyhjäykseen, kun vedenkorkeus jokiuomassa on pengerrysalueiden vedenkorkeutta matalampana, jota harvoin tapahtuu yleisien tulvien tilanteissa. Löyhingin ja Haapojan pengerrysalueet ovat melkein yhteiset, sillä niiden välissä oleva penger ei ole enää luvanmukainen ja riittävän korkea eristääkseen pengerrysalueita kokonaan omikseen. Penger on mataloitunut vuosien saatossa alueen maankäytöstä johtuen (Huhtamäki, 2017). Tulvavedet pääsevät näille alueille Löyhingin tulvaluukun sekä Löyhingin ja Haapojan tulvakynnysten kautta. Vesi purkautuu pois alueelta Kullaan, Löyhingin ja Haapojan pumppaamoiden kautta. Löyhingin tulvaluukua voidaan käyttää Löyhingin ja Haapojan pengerrysalueiden tyhjentämiseen, mikäli vedenkorkeus pengerrysalueella on jokiuoman korkeutta

suurempi. Pengerrysalueiden välissä oleva matala penger voidaan avata, jotta Haapojan pengerrysalueen tyhjentyminen loppuun olisi mahdollista tulvaluukun kautta. Ämpin pengerrysalueelle vesi pääsee vain Ämpin tulvakynnyksen kautta ja poistuu Ämpin pumppaamon kautta. Saarimaan ja Pernaan pengerryksille vettä ei pääse erillisistä tulvarakenteista ja ne ovat Kauhavanjoen varrella, joten niitä ei oteta huomioon tässä tarkastelussa. Myöskään Kankaan ja Ikolan pengerryksiä ei oteta huomioon pienen koon ja tarkasteltavien rakenteiden puuttumisen takia.

Taulukossa 18 nähdään tulvaluukuista ja -kynnyksistä pengerrysalueille purkautuvat vesimäärät päivitetyn virtausmallin perusteella. Nykyavauskorkeuden tilanteessa vettä päästetään enemmän tulvaluukuista kuin lisääavauskorkeuden tilanteessa. Lisääavauskorkeuden tilanteessa vedenpinta nousee joessa kuitenkin korkeammalle kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa, joten vettä pääsee siihen verrattuna enemmän tulvakynnyksistä. Päivitetyn virtausmallin mukaan Tuomiston tulvakynnyksestä ei mene kummassakaan tilanteessa vettä. Nykyavauskorkeuden tilanteessa Löyhinkin tulvakynnys jää myös käyttämättä.

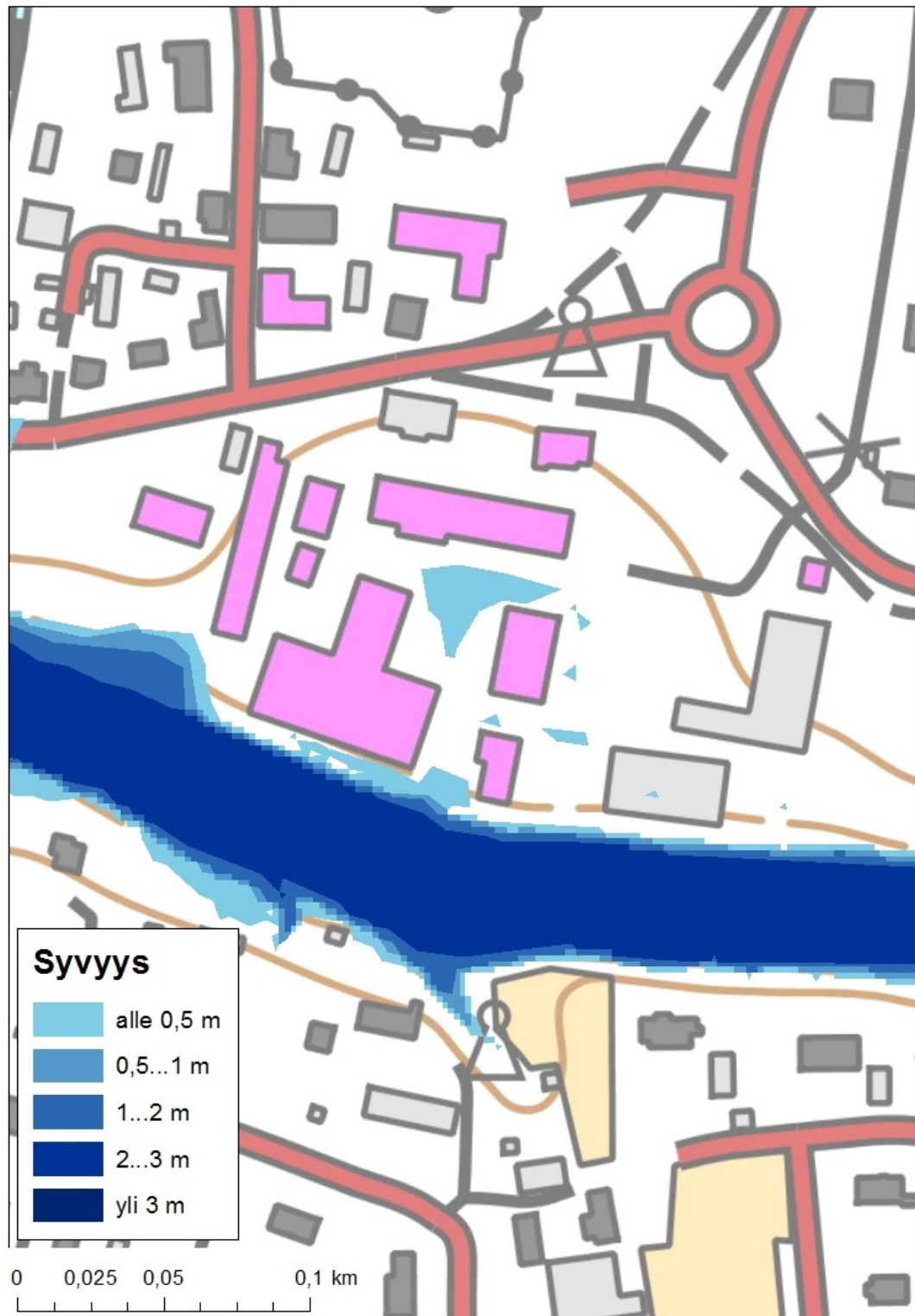
Taulukko 18. Virtausmallinnuksen mukaiset vesimäärät tulvaluukuista ja -kynnyksistä molemmissa avauskorkeuksien tilanteissa.

Pengerrys- alue	Nykyavauskorkeuden tilanne:		Lisääavauskorkeuden tilanne:	
	Vesi tulvaluukuista [1000 m3]	Vesi tulvakynnyksistä [1000 m3]	Vesi tulvaluukuista [1000 m3]	Vesi tulvakynnyksistä [1000 m3]
Itäpuoli	Eskeli 24 222	Tuomisto 0	Eskeli 14 171	Tuomisto 0
Löyhinki ja Haapoja	Löyhinki 24 250	Löyhinki 0 Haapoja 101	Löyhinki 13 711	Löyhinki 7 Haapoja 730
Ämppi		Ämppi 38		Ämppi 494
Yhteensä	48 472	139	27 882	1231

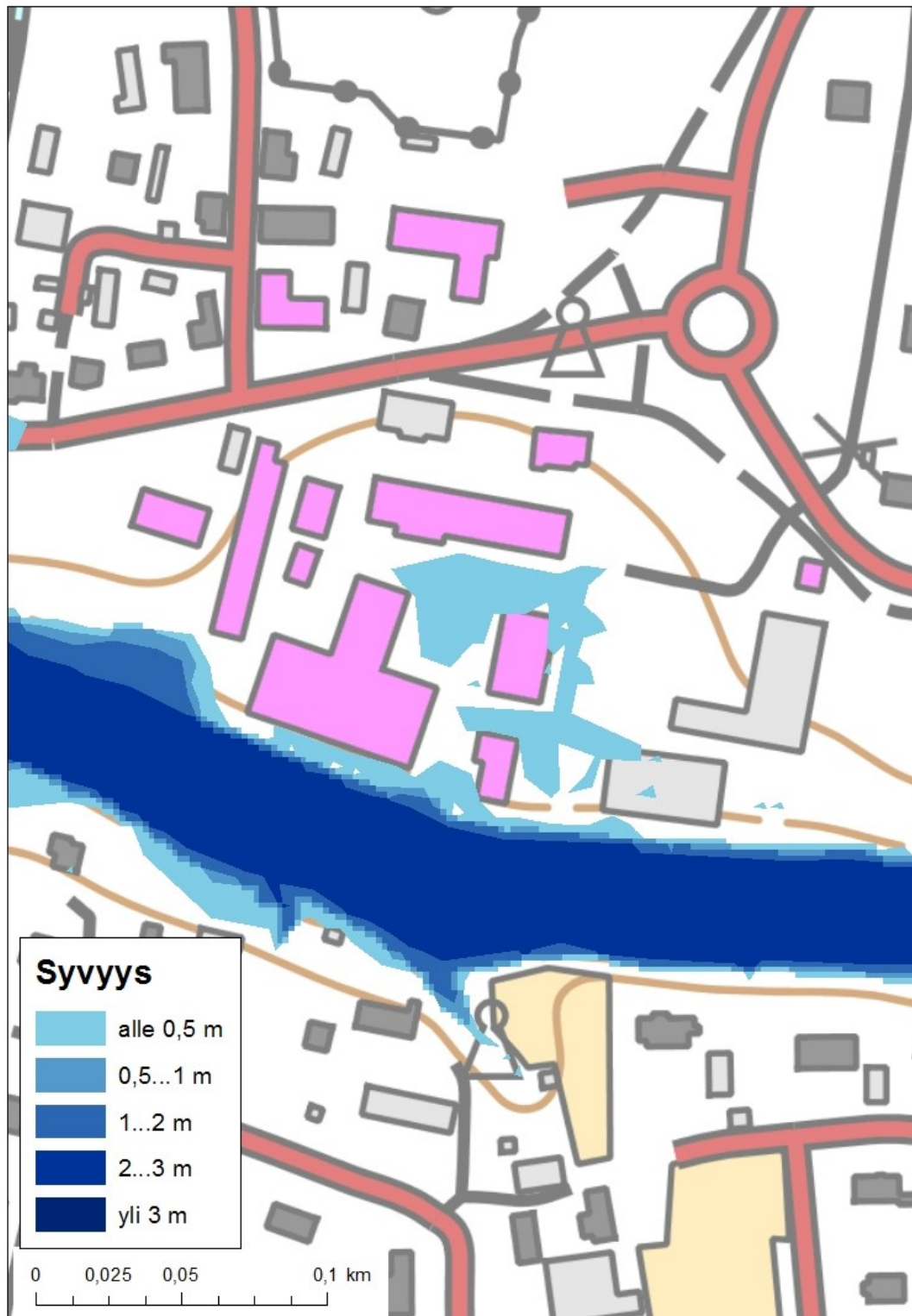
7.1.4 Kulttuuriperintö

Päivitetyn tulvakartoituksen perusteella (Kuva 34 ja 35) Vanhan Paukun kulttuurikeskuksen alueella nykyavauskorkeuden tilanteessa kastuisi yksi rakennus ja lisääavauskorkeuden tilanteessa 3 rakennusta alle 0,5 m tulvaveden syvyydellä. Lapuan kaupungin lähettämien tarkkojen mittausten (Liite 6) perusteella rakennuksissa on syviä kuiluja, joissa on johtoja ja hissejä. Näiden sokkelikorkeuden perusteella kastuvien

rakennusten kuitut kastuvat myös. Vesi nousee tulvatilanteissa kulttuurikeskuksen pihamaalle.



Kuva 34. Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan nykyavauskorkeuden tilanteessa Vanhan Paukun kulttuurikeskuksen alue.



Kuva 35. Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan lisäävauskorkeuden tilanteessa Vanhan Paukun kulttuurikeskuksen alue.

7.2 Vahinkokustannusten määrittäminen

7.2.1 Rakennukset

Rakennusvahinkojen arvioimiseen on viime vuosina esitetty uusi menetelmä, jolla voidaan arvioida tulvien aiheuttamien vahinkojen suuruutta yhtenevästi eripuolilla Suomea. Vahinkoarviointityökalua on testattu Kittilässä ja se perustuu kansainvälisesti yleisesti käytettyihin menetelmiin. Menetelmää voidaan soveltaa tulvakartoitetuille alueille ja se soveltuu erityisesti tulvariskien hallinnan toimenpiteiden kustannushyötyjen tarkasteluun. Vahinkoarvio on sitä tarkempi, mitä suurempi tulvariskialue on mutta se ei ota huomioon epäsuoria vahinkoja. Menetelmää kehitetään ja uudelleen arvioidaan säännöllisesti. (Silander ja Parjanne 2013, s. 2)

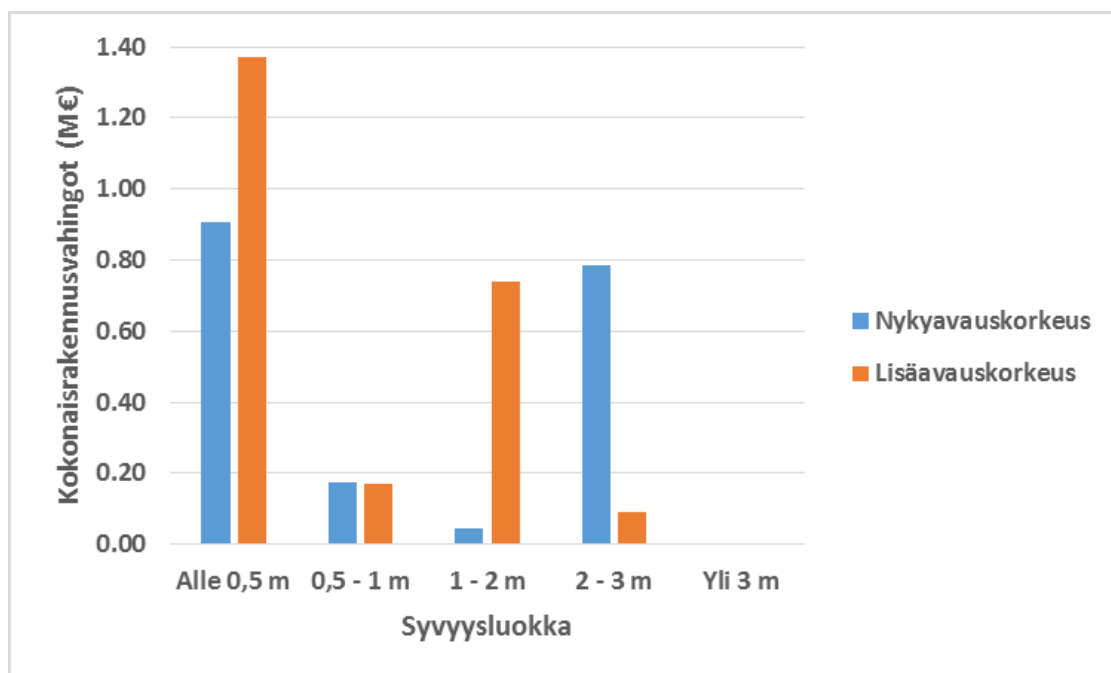
Tulvakartoitetuille alueille on laskettu paikkatietoaineistojen avulla kohdekohtaisia tunnuslukuja, jotka kuvaavat alueen riskipotentiaalia. Tunnusluvut ovat jaoteltuna vesisyvyyksien mukaan. Vahinkofunktiot voidaan muodostaa tapahtuneiden ja mallinnettujen tulvavahinkojen avulla. Suomessa ei ole tarpeeksi dokumentoituja tulvavahinkoja, jotta omien funktioiden teko olisi riittävän tarkkaa. Euroopassa paljon käytettyä suhteellista funktiota on käytetty tässä menetelmässä, sillä se on sovellettavissa erilaisiin olosuhteisiin. Tunnusluku ja vahinkofunktio menetelmät voidaan yhdistää. Tällöin vahinkofunktion antamat vahinkoarviot ovat jaoteltuna tunnuslukujen määrittämiin luokkiin, esimerkiksi vesisyvyyksien mukaan. Arvio muodostuu sitä tarkemmaksi, mitä useampaan luokkaan tunnusluvut on jaettu. (Silander ja Parjanne 2013, s. 5-7)

SYKE toimitti päivitettyihin tulvakartoituksiin perustuvat vahinkokustannuslaskelmat rakennuksien osalta valmiina kyseisellä vahinkoarviotyökalulla. Vahinkoarvio heittää tuntemattomasta syystä parilla rakennuksella päivitettyyn tulvakartoituksen tuloksiin verrattaessa, mutta tätä syytä ei saatu selville. Laskuri arvioi kellareiden määrä sokkelitason perusteella kastuville taloille tunnusluvun avulla ja lisää niihin liittyvät kustannukset vahinkoarvioon. Yhden kellarin vahinkokustannus on noin 10 000 €. Alueelta olevien tarkkojen kellareiden korkotasomittausten perusteella nykyavauskorkeuden tulvatilanteessa kastuisi kuitenkin vielä 11 talon ja vastaavasti lisäävauskorkeuden tilanteessa 10 talon pelkät kellarit sokkelikorkeuden perusteella kastuvien talojen lisäksi. Luku vähenee sen takia, että vaikka useampi talo kastuu lisäävauskorkeuden tilanteessa sokkelikorkeuden perusteella, niin tulvaveden

leviämisaalueella ei kellaritason perusteella kastuvien rakennusten määrä nouse suhteessa yhtä paljon. Näiden kellareiden vahinkokustannukset on lisätty kustannusarvioon. Taulukossa 19 ja kuvassa 36 on esitettyä rakennuksista aiheutuvat kustannukset molemmille tulvaluukkujen avauskorkeusien tilanteille. Tulvaluukkujen avauskorkeutta nostamalla 0,2 m korkeammaksi, rakennusten kokonaisvahingot nousevat noin 0,46 miljoonaa euroa. Pääasiassa nykyavauskorkeuden tilanteessa kustannuksia syntyy syvyysluokissa alle 0,5 m sekä 2-3 m ja lisäävauskorkeuden tilanteessa syvyysluokissa alle 0,5 m sekä 1-2 m. Kustannusten syvyysluokitusten erot johtuvat kuvissa 32 ja 33 nähtävistä rakennusten kastumissyvyyksien eroista.

Taulukko 19. Yhteenveto rakennusvahingoista kerran 100 vuodessa tapahtuvan tulvan nykyavauskorkeuden ja lisäävauskorkeuden tarkastelutilanteille.

Yhteenveto rakennusvahingoista	Nykyavauskorkeus	Lisäävauskorkeus
	M€	M€
Kokonaisrakennusvahingot	1.81	2.28
rakennevahingot	1.11	1.33
puhdistus	0.19	0.24
irtaimisto	0.51	0.71
Kellarit	0.11	0.10
Yhteensä	1.92	2.38



Kuva 36. Kokonaiskustannukset (M€) rakennusvahingoille tulvaveden syvyysluokittain kerran 100 vuodessa tapahtuvan tulvan nykyavauskorkeuden ja lisäävauskorkeuden tarkastelutilanteille.

7.2.2 Viljelysmaat

Maataloushallitus on suorittanut vuonna 1941 vesiteknillisiä tutkimuksia viljelysmaiden ja viljelylajien tulvien kestävyyskokeita rukiilla, apilalla, timoteilla, kauralla ja ohralla. Tutkimusten perusteella timotei kestää hyvin tulvan aiheuttamaa vesipeittoa. Kauralla seitsemän ja ohralla kuuden vuorokauden tulvan aiheuttama vesipeitto aiheuttaa sadon pienenemisen neljäsosaan. Täydellinen sadon tuhoutuminen aiheutuu 12–14 vuorokauden vesipeitosta. Ohra oli herkin vesipeitolle tutkituista viljelylajeista. (Rantakokko 2002, s. 26)

Raivio on vuonna 1961 tehnyt havaintoja Kyrönjoen kesätulvasta. Näiden havaintojen mukaan kauran tuhosi kolmen päivän täydellinen vesipeitto. Kahden ja yhden vuorokauden vesipeittoa vastaavat satoprosentit 40 % ja 60 %. Vuoden 1961 tulva tapahtui heinäkuun lopussa, jolloin kauran oraalle tulosta oli 60 päivää. (Rantakokko 2002, s. 26)

Vuonna 1979 otettiin Kyrönjoen kesätulvan alueelta satonäytteitä. Vesihallituksen vuoden 1981 tiedotteen mukaan kauran ja ohran satomäärät eivät merkittävästi

vähentyneet usean vuorokauden vesipeitosta, mikäli viljelylajit eivät olleet kokonaan veden alla. Kun viljelylajit joutuivat kokonaan veden alle, satomäärät pienenivät jyrkästi. Viikon täydellinen vesipeitto näytti aiheuttaneen käytännössä koko sadon tuhoutumisen. (Rantakokko 2002, s. 26)

Keväällä ennen kylvöjä tapahtuvat tulvat eivät aiheuta suoraan satovahinkoja, mutta kylvöjen alkaminen saattaa myöhästyä. Syksyllä ja kesällä tapahtuvat tulvat ovat merkittävimpiä sadon onnistumiselle. Sadon vahingoittumisen asteeseen vaikuttaa aikaisemmin mainittujen tutkimusten perusteella sadon kasvuvaihe, tulvaveden syvyys ja aika, kun sato on veden alla.

Valtio on maksanut satokorvauksia vuoteen 2016 asti, mutta sen jälkeen vakuutusyhtiöt ovat tarjonneet vakuutuksia satovahinkojen korvaamiseen. Vuonna 2016 ainoat satovakuutuksia tarjoavat vakuutusyhtiöt olivat OP ja LähiTapiola, joilla satovakuutukset olivat osa koko maatilan vakuutusta (Keskisuomalainen 2016). Vakuutusyhtiöiden korvausperiaatteet poikkeavat toisistaan, eikä vakuutuksien ottaneiden määrää ole Lapuanjoen pengerrysalueelta tiedossa. Korvaukseen oikeuttavat sääilmiöiden tapahtuminen varmistetaan Ilmatieteen laitoksen meteorologeilta.

Satovahinkojen suuruus voidaan arvioida yhteneväisesti käyttämällä Maaseutuviraston vuoden 2015 määräysten ja valtion entisten korvausperiaatteiden mukaisten satovahinkolaskelmien yksikköhintoja ja normisatoja, jotka näkyvät alla olevassa taulukossa 20. Maanviljelijöille aiheutuvat sadon arvonalennukset, tukien menetykset, vakuutuksista tulevat korvaukset, tulvien aiheuttamat lisätyöt sekä muut tulot ja menot jätetään arvioimatta. Tässä työssä arvioidaan vain kustannukset, jotka aiheutuvat sadon menetyksestä oletuksella, että alle metrin vesipeitto aiheuttaa sadon puolittumisen ja yli metrin vesipeitto koko sadon tuhoutumisen. Lasketut kustannukset molemmille tulvaluukkujen avauskorkeustilanteille löytyvät taulukoista 21 ja 22. Merkittävin sadonmenetyskustannus aiheutuu rehuohran tuhoutumisesta ja seuraavaksi suurimmat sadonmenetyskustannukset aiheutuvat kauran ja kevätvehnän tuhoutumisesta. Taulukkojen mukaan kokonaissadonmenetyskustannukset laskevat 240 000€, kun tulvaluukkujen avauskorkeutta nostetaan.

Taulukko 20. Satovahinkolaskelmissa käytetyt yksikköhinnat ja normisadot Maaseutuviraston vuoden 2015 määräysten mukaan. (Länsivierito 2017)

Kasvi	Yksikköhinta [€/kg]	Normisato 2015 [kg/ha]	Arvo [€/m²]	Arvo [€/ha]
Kaura	0,135	3 400	0,046	460
Kevätrapsi	0,358	2 000	0,072	720
Rypsi	0,358	1 200	0,043	430
Kevätvehnä	0,164	4 100	0,067	670
Kumina*	0,8	1 000	0,080	800
Mallasohra	0,142	3 900	0,055	550
Säilörehunurmi, vihantarehu, tuorerehu ja viljelty laidun	0,025	18 000	0,045	450
Rehuohra	0,142	3 900	0,055	550
Syysruis	0,189	3 100	0,059	590
Syysvehnä	0,151	4 100	0,062	620
Tärkkelysperuna	0,064	28 000	0,179	1 790

*Kumina (Farmit, 2017)

Taulukko 21. Nykyavauskorkeuden päivitetyn tulvakartoituksen sadonmenetyskustannukset (1 000 €).

Syvyysluokka	0-0,5 m	0,5-1 m	1-2 m	2-3 m	Yli 3 m	Kaikki yhteensä (1 000€)
Kaura	26	66	251	128	0	471
Kevätrapsi	1	7	12	29	0	49
Kevätrypsi	7	8	59	19	0	94
Kevätvehnä	31	71	222	83	0	407
Kumina	0	12	30	32	0	74
Mallasohra	4	1	5	3	0	12
Monivuotiset kuivaheinä-, säilörehu- ja tuorerehunurmet	22	18	93	52	0	185
Rehuohra	76	156	843	415	3	1 493
Syysruis	4	18	20	6	0	49
Syysvehnä	11	2	21	1	0	34
Tärkkelysperuna	7	31	186	80	0	305
Kaikki yhteensä (1 000€)	189	390	1 742	849	3	3 173

Taulukko 22. Lisäavauskorkeuden päivitetyn tulvakartoituksen sadonmenetyskustannukset (1 000 €).

Syvyysluokka	0-0,5 m	0,5-1 m	1-2 m	2-3 m	Yli 3 m	Kaikki yhteensä (1 000€)
Kaura	32	72	262	63	0	429
Kevätrapsi	5	0	41	7	0	52
Kevätrypsi	4	16	50	9	0	79
Kevätvehnä	41	72	213	60	0	387
Kumina	4	15	42	11	0	72
Mallasohra	0	2	4	0	0	6
Monivuotiset kuivaheinä-, säilörehu- ja tuorerehunurmet	10	28	84	32	0	154
Rehuohra	91	199	887	186	0	1 362
Syysruis	12	11	25	4	0	53
Syysvehnä	4	4	9	4	0	21
Tärkkelysperuna	14	32	212	58	0	316
Kaikki yhteensä (1 000€)	216	452	1 829	435	0	2 933

7.2.3 Pengerrysalueet ja pumppaamot

Mikäli pengerrysalueelle päästetään tulvan aikana vettä tulvaluukuista tai se tulvii penkereiden ylitse, maanomistajat maksavat veden poispumppauksesta aiheutuvat kustannukset. Kustannukset määräytyvät maanomistajille alueen osittelun perusteella. Osittelussa alueet on luokiteltu korkeusaseman mukaan hehtaareittain ja kokonaismaksu muodostuu omistaman pinta-alan ja luokituksen perusteella. Karkeasti arvioiden esimerkiksi Itäpuolen pengerrysalueen pumppauskustannukset ovat 10 €/ha/vuosi ja Löyhingin pengerrysalueella 17 €/ha/vuosi. Pumppauskustannuksia muodostuu maanviljelijöiden maksettavaksi myös tulvattomina aikoina, sillä esimerkiksi alueiden sulamisvedet on pumpattava pois pengerryiltä alueilta. Pengerrysalueen ulkopuolen valuma-alueen vesistä johtuen pumppauskustannukset ovat Löyhingin alueella suuremmat. (Huhtamäki 2017)

Tulvaveden määrä pengerrysalueella saadaan päivitetystä virtausmallista. Pengerrysalueiden tulvavesimäärässä on mukana sekä tulvaluukuista ja -kynnyksistä tuleva vesitilavuus, että alueen omista arvioituista valumavesistä muodostuva vesitilavuus. Pengerrysalueiden tulvavedet tyhjenetään mahdollisuuksien mukaan joko tyhjennys- ja tulvaluukkujen kautta tai pumppaamalla. Tulvavesien pumppauskustannuksia arvioitiin pumpattavien vesimäärien, pumppaamoiden teknisten

tietojen ja sähkönhinnan perusteella. Sähkön kokonaishinnaksi arvioitiin Haapojan pumppaamon tietojen perusteella ilman arvonlisäveroa olevan 9,49 snt/kWh, johon lisätään vielä perusmaksu 103,48 €/kk. Vaikka kaikki pumput ovat ominaisuuksiltaan hieman erilaisia, arvioitiin saman hinnan olevan tarkkuudeltaan riittävä kustannusten arviointiin.

Tulvaluukusta poistuvaa virtaamaa arvioitiin Unwin kaavan 2 ja alla olevan virtaamakaavan 3 avulla (Mustonen ym. 1982, s. 172-175). Unwinin kaavalla 2 lasketaan vaikuttaako alavesi virtaamaan. Jos Unwinin kaavan arvo h_{kr} on pienempi kuin alaveden korkeus h_a , alavesi vaikuttaa virtaamaan. Käytännössä Ruhansaaren tyhjennysluukulla alavesi vaikuttaa aina virtaamaan, sillä tyhjennysluukun alareuna on keskimääräistä jokivedenpintaa alemmalla tasolla. Löyhingin tulvaluukun alareuna on tarkasteltavassa 100 vuoden tulvatoistuvuuden tilanteessa alempana jokivedenpinnan laskusta huolimatta, joten alavesi vaikuttaa myös tällä luukulla. Tyhjennys- ja tulvaluukuista purkautuva virtaama lasketaan siksi alaveden vaikutuksen huomioon ottavalla kaavalla 3.

$$h_{kr} = \sqrt{\frac{(\mu * h_a)^2}{4} + 2 * \frac{\mu * h_a}{g} * \left(\frac{Q_{arv}}{b}\right)^2} - \frac{\mu * h_a}{2} \quad (2)$$

jossa μ = purkautumiskerroin,
 h_a = luukun avauskorkeus [m],
 g = putouskiihtyvyys 9,81 m/s²,
 Q_{arv} = arvioitu virtaama [m³ /s] ja
 b = luukun leveys [m].

$$Q = \mu * h_a * b * \sqrt{(h_{ylä} - h_{ala}) * 2 * g} \quad (3)$$

joissa $h_{ylä}$ = yläveden korkeus [m] eli pengerrysalueella olevan veden yläpinnan ero luukun alareunaan ja
 h_{ala} = alaveden korkeus [m] eli joessa olevan veden yläpinnan ero luukun alareunaan.

Virtaamakaavaan tarvittiin tiedot jokivedenpinnan ja peltoalueen vedenpinnan muuttumisesta. Jokivedenpinnan muutokset saadaan poimittua tyhjäyksen parilta ensimmäiseltä päivältä päivitetystä virtausmallista. Jokipinnan tasoittuminen tulvatasolta normaaliin tasoon arvioitiin muiden päivien osalta vuoden 2013 tulvan laskemisen perusteella olevan noin 10 cm päivässä. Pelloalueen vedenkorkeuden muuttuminen saatiin arvioitua interpoloimalla Rambollin määrittämien pengerrysalueiden vedenkorkeutta vastaavien tilavuus tietojen perusteella kutakin vedenkorkeutta vastaava korkeus tyhjäyshetken jälkeen. Laskuissa käytettiin tyhjäyshetkenä 12 tunnin aikajaksoja, sillä todellisessa tilanteessa luukkujen avaamisen ja sulkemisen sekä pumppujen käynnistuksen ja sammutuksen ajankohtien arvioiminen tapahtuu manuaalisesti arvioimalla vedenpintojen muutoksia pengerrysalueilla ja jokiuomassa. Tyhjennys- ja tulvaluukkujen avauskorkeus on määritetty 2 m maksimikorkeuteen virtausmallin tavoin, ettei virtaamat kasvaisi todellista tilannetta liian suuriksi ja aiheuttaisi eroosio ongelmia peltoalueille. Pengerrysalueiden pumppaamot käynnistetään, kun pengerrysalueen tyhjennys tyhjennysluukun tai tulvaluukun kautta ei enää onnistu. Luukku voidaan avata jälleen, kun pengerrysalueen tyhjäys on sen kautta mahdollista. Tällöin pengerrysalueen pumppaamot sammutetaan luukkutyhjennyksen ajaksi.

Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan aikana vedenpinta nousee Itäpuolen pengerrysalueella nykyavauskorkeuden tilanteessa korkeammalle kuin Ruhansaaren tyhjennysluukun kohdassa jokiuomassa. Tällöin Ruhansaaren tulvaluukku voidaan käyttää heti pengerrysalueen tyhjentämiseen. Pengerrysalue saadaan tyhjäksi melkein kokonaan pelkällä tyhjäysluukulla, mutta lopussa pumpataan vuorokausi, jotta viimeiset vedet saadaan alueelta pois. Lisäavauskorkeuden tilanteessa Itäpuolen pengerrysalueen vedenpinta on matalampana kuin jokiuomassa, joten tyhjennysluukku ei voida käyttää heti tyhjennyksessä, vaan Itäpuolen pengerrysaluetta tyhjäävät pumppaamot käynnistetään. Parin pumppauspäivän jälkeen Ruhansaaren tyhjäysluukku voidaan avata. Tämän jälkeen Itäpuolen tyhjäyksessä pumppujen ja tyhjäysluukun käyttöä vuorotellaan vedenkorkeustilanteiden mukaan niin, että viimeiset tulvavedet pumpataan lopuksi pois. Löyhingin ja Haapojan pengerrysalueella nykyavauskorkeuden tilanteessa aloitetaan tyhjennys ensin pumppaamalla pari päivää, jonka jälkeen pengerrysalueet tyhjentyvät Löyhingin tulvaluukun kautta loppuun. Lisäavauskorkeuden tilanteessa pumpataan aluksi viikon verran vesiä pengerrysalueilta pois, jonka jälkeen alue tyhjentyy loppuun Löyhingin tulvaluukun kautta. Ämpin pengerrysaluetta ei voida tyhjentää muuten kuin pumppaamalla kaikki alueen tulvavedet pois.

Seuraavissa taulukoissa 23 ja 24 on esitettynä pengerrysalueilta pumpattavat vesimäärät, pumppaamoiden tekniset tiedot sekä pumppauksesta aiheutuvat kustannukset, kun tyhjennys- ja tulvaluukkuja käytetään pengerrysalueiden tyhjennykseen edellä esitetyssä tilanteessa.

Taulukko 23. Nykyavauskorkeuden tulvatilanteen pumppauskustannukset kerran 100 vuodessa toistuvalla tulvatilanteella, kun tyhjennyksessä hyödynnetään pengerrysalueiden tyhjennys- ja tulvaluukkuja.

Pengerrys- alue	Pumpat- tava vesimäärä [1000 m ³]	Pumppaa- mon nimi	Mitoitus- virtaama [m ³ /s]	Teho [kW] (Häviö 4%)	Tyhjen- nysaika [h]	Sähkö- energia [kWh]	Tyhjennys- kustannus [€]
Itäpuoli	401	Särkymän pumppaamo	1,44	100	24	8 387	799
		Ruhansaaren pumppaamo	3,2	250			
Löyhinki ja Haapoja	1708	Kullaan pumppaamo	1,2	104	36	35 343	3 359
		Löyhingin pumppaamo	10,5	780			
		Haapojan pumppaamo	1,48	98			
Ämpä	948	Ämpin pumppaamo	1,27	73	207	15 100	1 462
Yhteensä							5 621

Taulukko 24. Lisäavauskorkeuden tulvatilanteen pumppauskustannukset kerran 100 vuodessa toistuvalla tulvatilanteella, kun tyhjennyksessä hyödynnetään pengerrysalueiden tyhjennys- ja tulvaluukkuja.

Pengerrys- alue	Pumpat- tava vesimäärä [1000 m ³]	Pumppaa- mon nimi	Mitoitus- virtaama [m ³ /s]	Teho [kW] (Häviö 4%)	Tyhjen- nysaika [h]	Sähkö- energia [kWh]	Tyhjennys- kustannus [€]
Itäpuoli	4610	Särkymän pumppaamo	1,44	100	276	96 445	9 192
		Ruhansaaren pumppaamo	3,2	250			
Löyhinki ja Haapoja	7402	Kullaan pumppaamo	1,2	104	156	153 155	14 556
		Löyhingin pumppaamo	10,5	780			
		Haapojan pumppaamo	1,48	98			
Ämpä	1402	Ämpin pumppaamo	1,27	73	307	22 328	2162
Yhteensä							25 910

Taulukoista voidaan havaita, että tulvaluukkujen avauskorkeuden nosto aiheuttaa noin 20 000 € lisämenon pumppauskustannuksiin. Vaikka tulvavesiä pääsee lisäavauskorkeuden tilanteessa vähemmän pengerrysalueelle, vedenkorkeus jää sen verran alhaiseksi jokivedenpinnan noustessa korkeammaksi, ettei tyhjäys- ja tulvaluukkujen kautta pystytä tyhjentämään pengerrysalueita yhtä tehokkaasti kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa. Nykyavauskorkeuden tilanteessa pengerrysalueiden kokonaistyhjäysajat ovat Itäpuolella 22 päivää, Löyhingin sekä Haapojan alueella 26 päivää ja Ämpissä 9 päivää. Lisäavauskorkeuden tilanteessa kokonaistyhjäysajat ovat Itäpuolella 20 päivää, Löyhingin ja Haapojan alueella 26 päivää ja Ämpissä 13 päivää. Kokonaistyhjäysaikoihin ei tulvaluukkujen avauskorkeuden muutoksella ole juurikaan merkitystä.

On tärkeää huomata, että pengerrysalueiden tyhjentymisen laskeminen on hyvin riippuvainen pengerrysalueen ja jokiuoman vedenkorkeuksien eroista. Nämä tyhjäyskustannustulokset pätevät siis vain edellä esitettyyn tulvatilanteeseen ja pengerrysalueen tyhjennyskäytäntöihin. Lisäavauskorkeuden kustannuksia voitaisiin todennäköisesti pienentää, mikäli odotettaisiin hetki vedenpinnan laskua jokiuomassa ennen tyhjennys- ja tulvaluukkujen avausta tyhjentämisen aloittamiseksi.

Jos Ruhansaaren tyhjennysluukku ja Löyhingin tulvaluukku ei käytettäisi ollenkaan pengerrysalueiden tyhjennykseen, pumppauskustannukset olisivat taulukon 25 kaltaiset. Tässä tilanteessa lisäävauskorkeuden tilanne olisi pumppauskustannusten osalta noin 40 000 € halvempi kuin nykyavauskorkeuden tilanne.

Taulukko 25. Pengerrysalueiden tyhjennyskustannuksen pelkillä pumppaamoilla tyhjennettäessä.

Pengerrys- alue	Pengerrysalueen vesimäärä nykyavaus- korkeus [1 000 m3]	Pengerrysalueen vesimäärä lisäävaus- korkeus [1 000 m3]	Pumppaus- kustannus nykyavauskorkeus [€]	Pumppaus- kustannus lisääavauskorkeus [€]
Itäpuoli	25 918	15 729	51 673	31 359
Löyhinki ja Haapoja	31 457	21 436	61 863	42 156
Ämpä	948	1402	1 462	2 162
Yhteensä	32 406	22 838	114 999	75 677

7.2.4 Kulttuuriperintö

Vedenkorkeus nousee Vanhan Paukun kulttuurikeskuksen kohdalla tarkastelluissa tulvaluukkujen avauskorkeuksien tilanteissa sen verran korkealle, että rakennusten erilaisten kuilujen lattiat saattavat kastua. Kuilut ovat olennainen osa kiinteistöjen rakenteita, eivätkä näin ollen saisi kastua. Lapuan kaupungilta saadun arvion mukaan Vanhan Paukun kulttuurikeskuksen suojelemiseksi täytyisi sadevesijärjestelmään asentaa sulkuventtiileitä ja pumppaamo (Alasaari 2017). Vanhan Paukun kulttuurikeskuksen rakennusten tulvavahinkoarvio sisältyy kaikkien rakennusten tulvavahinkoarvioon. Vanhan Paukun kulttuurikeskuksen suojelemiseen tarvittavia tulvasuojelutoimenpiteiden kustannuksia ei tässä työssä erikseen arvioida.

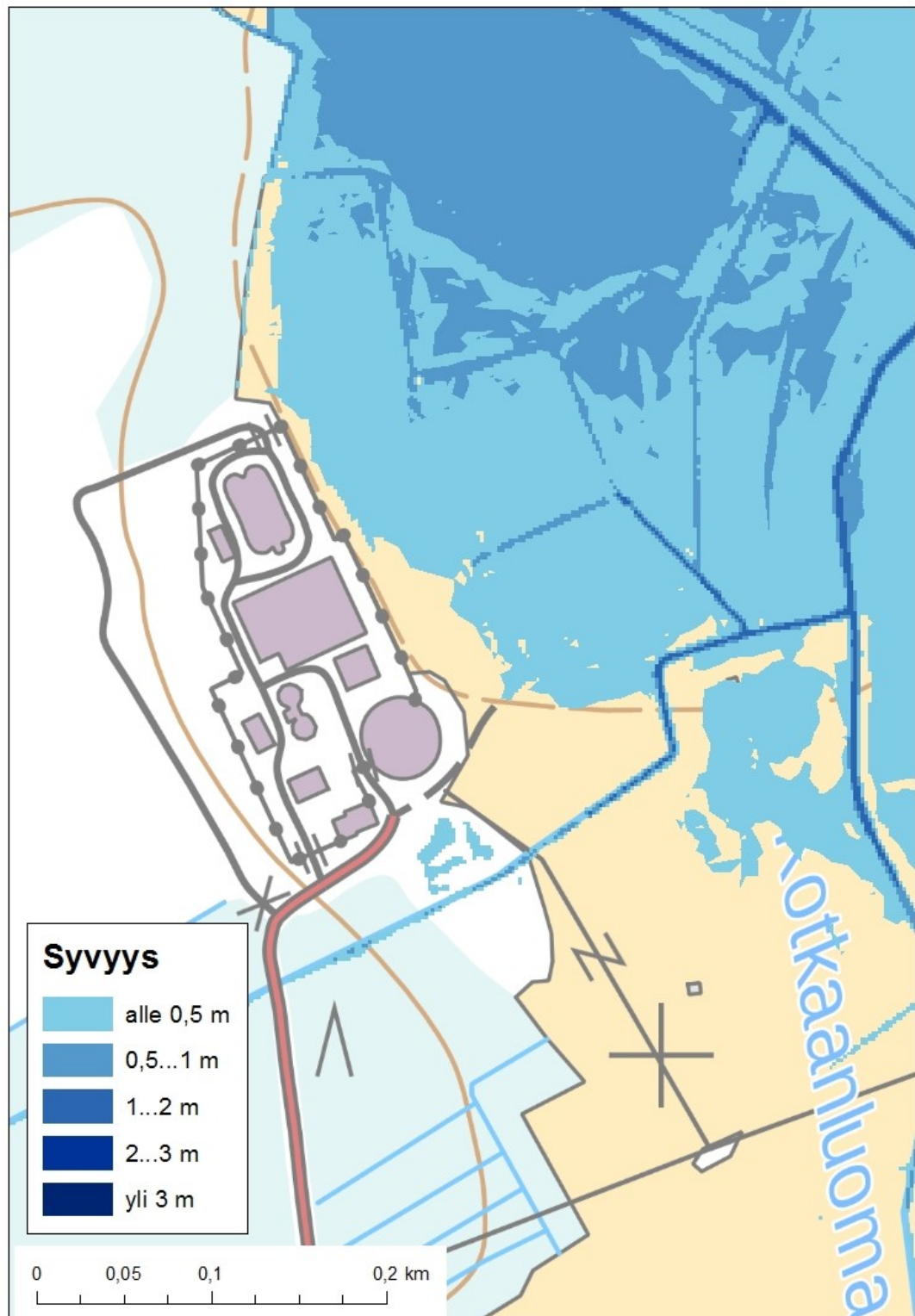
8 TULVAHALLINNAN KUSTANNUKSET

Seuraavaksi käydään läpi, millaisia tulvahallinnan kustannuksia aiheutuisi, jotta Lapuan viemäri- ja sadevesiverkosto sekä Lapuan jätevedenpuhdistamo pystyisivät jatkamaan toimintaansa keskeytyksettä kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan eri avauskorkeuksien tilanteissa. Aluksi esitetään, millaisia vaikutuksia päivitetyn tulvakartoituksen perusteella tulvavedet aiheuttava tarkasteltaviin kohteisiin. Tämän jälkeen käydään läpi päivitetystä tulvakartoituksesta huomattujen vaikutuksien perusteella lasketut tulvahallinnan kustannusarviot. Kustannusarvioissa on käytetty uusimpia saatavilla olevia tietoja, jotka Lapuan kaupunki ja Lapuan jätevedenpuhdistamon työntekijät ovat toimittaneet.

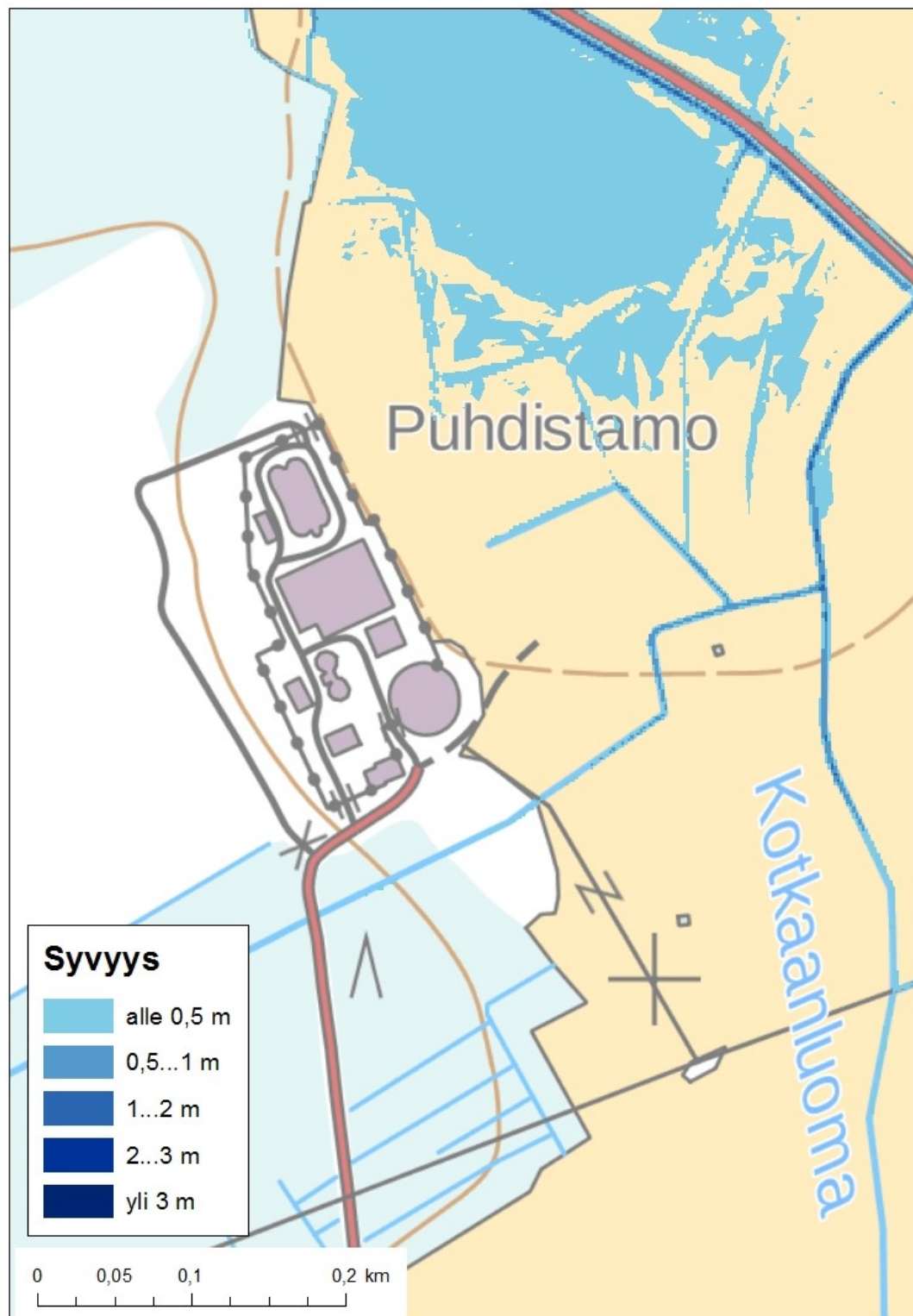
8.1 Tulvahallinnan kustannuksia aiheuttavat tekijät

8.1.1 Jätevedenpuhdistamo

Päivitetyn tulvakartoituksen perusteella saatiin selville kuinka vesi leviää Lapuan jätevedenpuhdistamon alueelle. Kuvista 37 ja 38 nähdään, että kummassakaan tilanteessa vesi ei nouse jätevedenpuhdistamon alueelle. Puhdistamo on Löyhingin pengerrysalueella, jossa vedenkorkeudet ovat nykyavauskorkeuden tilanteessa $N_{60} + 27,35$ m ja lisäävauskorkeuden tilanteessa $N_{60} + 26,91$ m.



Kuva 37. Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan nykyavauskorkeuden tilanteessa Lapuan jätevedenpuhdistamon alue.



Kuva 38. Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan lisäävauskorkeuden tilanteessa Lapuan jätevedenpuhdistamon alue.

8.1.2 Viemäri- ja sadevesiverkosto

Lapuan kaupunki on tehnyt vuonna 2014 selvityksen siitä, millaisia toimenpiteitä Lapuan alueen viemäri- ja sadevesiverkostolle täytyisi tehdä, mikäli vedenpinnan annettaisiin nousta jokiuomassa nykyistä tulvaluukkujen avauskorkeudentasoa korkeammalle. Lapuan kaupunki toimitti lisäksi vuoden 2014 jäte- ja sadevesiputkistojen ja kaivojen korkotasotiedot, jotka oli päivitetty 14.6.2017. Nämä tiedot yhdistettiin päivitetyn tulvakartan kanssa. Putkistojen ja kaivojen toiminta vaikeutuu tulvavesien noustessa niiden päälle. Kaivojen kannet eivät ole vedenpitäviä, jonka takia vesi pääsee kulkeutumaan putkistoja pitkin verkostoon tulvavedenpinnan tasolle asti. Selvityksen mukaan alueella tulisi tehdä muun muassa muutostöitä jätevesipumppaamoiden ylivuotoputkiin ja pumppaamoihin olisi rakennettava paineelliset ylivuotoputket jokeen. Tulvaveden alle jääviä kaivoja pitäisi lisäksi korottaa ja kellareihin pitäisi asentaa pumppuja. (Alasaari 2017)

Päivitetyn tulvakartoituksen perusteella alueella kastuisi nykyavauskorkeuden tilanteessa 49 ja lisäävauskorkeuden tilanteessa 74 kappaletta jätevesiviemäriin liittyviä kaivo-, pumppaamo- tai purkuaukkorakenteita. Näissä määrissä suurin osa kastuvista rakenteista on umpinaisia jätevesikaivoja. Sadevesiverkostoon liittyviä kaivo, pumppaamo tai purkuaukkorakenteita kastuu nykyavauksen tilanteessa 102 ja lisäävauskorkeuden tilanteessa 117 kappaletta. Näistä merkittävin osa kastuvia rakenteita on umpinaisia sadevesikaivoja ja imupurkuaukkoja.

Nykyavauskorkeuden tilanteessa vedenpinta on korkeimmillaan Poutun padon kohdalla $N_{60} + 28,51$ m ja lisäävauskorkeuden tilanteessa $N_{60} + 28,70$ m. Vastaavasti Poutun sillan kohdalla vedenpinta käy korkeimmillaan nykyavauskorkeuden tilanteessa $N_{60} + 28,54$ m ja lisäävauskorkeuden tilanteessa $N_{60} + 28,74$ m. Nämä lukemat ovat nykyavauskorkeuden tilanteessa noin 0,6 m ja lisäävauskorkeuden tilanteessa noin 0,4 m matalammat kuin aiemmassa tasaisen virtaaman virtausmallinnuksessa. Myös muualla päivitetystä virtausmallissa vedenkorkeudet ovat joen ylävirrassa saman verran matalammat. Tästä johtuen voidaan voimassa olevaan tulvakartoitukseen perustuvien kustannusarvioiden vedenkorkeustasoja käyttää suoraan päivitettyyn tulvakartoitukseen perustuvassa arviossa.

8.2 Tulvahallinnan kustannusten määrittäminen

8.2.1 Jätevedenpuhdistamo

Lapuan jätevedenpuhdistamon tontin korkeus on $N_{60} + 29,00$ m. Rakennukset pystytään suojelemaan melko pienillä maanrakennustöillä Lapuanjoen vedenpinnan tasoon $N_{60} + 29,04$ m asti. Kustannusten suuruudeksi Lapuan Jätevesi Oy arvioi 30 000 €. Jokivedenpinnan ollessa tasolla $N_{60} + 29,04$ m, käsiteltyä jätevettä ei enää pystytä johtamaan jokeen nykyisen purkuputken avulla. Toisen purkuputken rakentaminen pitää toteuttaa, jos joenpinnan taso nousee nykyisen luukkujen avauskorkeuden $N_{60} + 28,54$ m yläpuolelle. Prosessin tulvimisen estämiseksi rakennettava purkuputki tulisi olla pituudeltaan 800 m ja halkaisijaltaan 400 mm. Rakennuskustannukset purkuputkelle on arvioitu olevan 100 000 €. Nämä hinta-arviot on tehty ilman arvonlisäveroa. (Keski-Saari 2017)

Päivitetyn tulvakartoituksen mukaan puhdistamon läheisyydessä vedenkorkeudet joessa vaihtelevat nykyavauskorkeuden tilanteessa $N_{60} + 28,39$ – $28,54$ m ja lisääavauskorkeuden tilanteessa $N_{60} + 28,59$ – $28,74$ m välillä. Poutun padolla jokivedenpinnan tasot ovat $N_{60} + 28,51$ m ja $N_{60} + 28,70$ m. Joenpinnan taso pysyy siis nykyavauskorkeuden tilanteessa sen verran alhaalla, ettei uutta purkuputkea tarvitse rakentaa. Lisääavauskorkeuden tilanteessa pitäisi toteuttaa uuden rinnakkaisen purkuputken rakentaminen. Jätevedenpuhdistamon rakennukset pysyvät tulvavedenpinnan yläpuolella, joten lisäsuojaustoimenpiteitä ei tarvita.

8.2.2 Viemäri- ja sadevesiverkosto

Taulukosta 26 voidaan nähdä, millaiset kustannukset eri vedenkorkeustasojille on määritetty Lapuan kaupungin arviossa. Vedenkorkeustaso tarkoittaa vedenkorkeutta Poutun padon kohdalla. Kustannukset lisääntyvät aina edellisten tasojen lisäksi. Tasolla $N_{60} + 28,84$ m olisi kaikkien vahinkojen välttämiseksi rakennettava Lapuanjoen ja Nurmonjoen rantalinjalle paineviemäri entisen leirintäalueen ja Poutun pohjapadon sekä Lapuanjoen ja Veikkolan asuntoalueen välisille osuuksille. Paineviemäröinti maksaisi noin 2 miljoonaa euroa.

Taulukko 26. Lapuan kaupungin vuoden 2014 tekemä tulvakustannus selvitys viemäri- ja sadevesiverkoston kustannuksista eri vedenkorkeustasoille. (mukaihen Alasaari 2017)

Vedenkorkeustaso Poutun padon kohdalla [N ₆₀ + m]	Toimenpiteitä vaativa rakenne	Toimenpide kustannus [1000 €]
28,44	Jätevesipumppaamoiden parantaminen	145
	Runkoviemäriverkoston kaivojen korjaus tai nosto	11
	Neljä varavoimakonetta	200
28,64	Kiinteistökohtaisten jätevesipumppaamoiden asentaminen (35 kpl)	297,5
	Sadevesipumppaamoiden asentaminen linjaventtiileineen (27 kpl)	1 350
28,84	Kiinteistökohtaisten jätevesipumppaamoiden asentaminen (30 kpl)	255

Päivitetyn tulvakartoituksen perusteella normaaliavauksen tilanteessa, jolloin vesi on Poutun padon kohdalla korkeudella N₆₀ +28,51 m, tarvitsisi suorittaa vedenkorkeustason N₆₀ +28,44 m vaadittavat toimenpiteet, yhteensä 356 000 €. Lisäavauskorkeuden tilanteessa vedenkorkeus on Poutun padolla korkeudella N₆₀ +28,70 m, joten tasoon N₆₀ +28,64 m vaadittavat toimenpiteet pitäisi tehdä. Näistä aiheutuisi yhteensä 2 003 500 € kustannukset. Lisäavauskorkeuden tulvahallinnan kustannus olisi 1 647 500 € suurempi, kuin jo tällä hetkellä tarvittavat nykyavauskorkeuden tilanteen tulvahallinnan kustannukset. Kustannusarviot pysyvät samana, vaikka vedenkorkeutta tarkasteltaisiin Poutun sillan kohdalta.

9 KOKONAISKUSTANNUKSET

Seuraavaksi on koottuna millaisia kustannuksia kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan tarkastelluille avauskorkeuksien tulvatilanteille syntyy. Kustannukset on eriteltynä kahdelle eri vuodenajalle, keväälle ja syksylle. Näillä vuodenajoilla on merkittävä ero erityisesti maanviljelyn osalta. Keväällä tapahtuvat tulvat eivät välttämättä haittaa sadon onnistumista, vaikka suuret tulvat saattavat viivästyttää kylvötöiden alkamista. Syksyllä tapahtuvat tulvat voivat helposti tuhota koko sadon, ellei sadonkorjuu aika ole vielä ollut. Vuodenaikojen tarkasteluissa oletuksena on, että kevättulvat eivät aiheuta satovahinkoja ja syksyn tulvissa satovahinkoja syntyy.

9.1.1 Nykyavauskorkeuden tulvatilanne

Nykyavauskorkeuden tilanteessa vettä päästetään pelloille nykyisen luvan mukaisesti tulvaluukuista, kun joen vedenpinta ylittää Poutun sillalla tason $N_{60} +28,54$ m. Vedenpinnan noustessa myös Haapojan ja Ämpin tulvakynnyksistä pääsee vettä pengerrysalueille. Pengerrysalueille pääsevät vedet tuhoavat satoa, jos tulva tapahtuu syysaikaan. Harvinaisen kerran 100 vuodessa toistuvan tulva aikana tulvavedet kastelevat rakennuksia kaupungin alueella. Lapuan jätevedenpuhdistamon laitteistot toimivat vielä tässä nykyavauskorkeuden tulvatilanteessa. Lapuan kaupungin viemäri- ja sadevesiverkosto tarvitsisi parannustoimenpiteitä toimiakseen tulvatilanteessa ja estääkseen verkoston tulvimisen. Joen vedenpinnan laskiessa 0,10 m tulvaluukkujen avauskorkeutta alemmaksi pengerrysalueiden tyhjäminen voi alkaa. Nykyavauskorkeuden tilanteessa pengerrysalueet voidaan tyhjentää lähes kokonaan käyttämällä vain Ruhansaaren tyhjennysluukkuja ja Löyhingin tulvaluukkuja. Pumppuja tarvitaan vain hetkellisesti. Ämpin pengerrysalue pitää tyhjentää kokonaan pumppujen avulla. Nykyavauskorkeuden tilanteelle kokonaiskustannukset näkyvät taulukossa 27.

9.1.2 Lisäavauskorkeuden tulvatilanne

Lisäavauskorkeuden tilanteessa vettä päästetään pelloille tulvaluukuista vasta nykyistä lupatasoa 0,20 m ylempänä eli kun joen vedenpinta ylittää Poutun padolla tason $N_{60} +28,74$ m. Vettä päästetään pengerrysalueille siis vähemmän tulvaluukkujen kautta kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa. Vedenpinta nousee jokiuomassa tässä tapauksessa korkeammalle, joten vettä pääsee kuitenkin enemmän Haapoja ja Ämpin tulvakynnyksistä kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa. Lisäksi vettä pääsee Löyhingin

tulvakynnyksestä pengerrysalueille. Myös tässä tilanteessa pengerrysalueille pääsevät vedet tuhoavat satoa, jos tulva tapahtuu syysaikaan, vesimäärä on kokonaisuudessaan kuitenkin pienempi kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa. Korkeamman vedenpinnan nousun takia tulvavedet kastelevat rakennuksia enemmän kaupungin alueella kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa. Lapuan jätevedenpuhdistamon purkuputki ei enää toimi lisääavauskorkeuden aiheuttaman korkean jokiuoman vedenkorkeuden takia, joten uusi purkuputki jouduttaisiin rakentamaan prosessin tulvimisen estämiseksi. Lapuan kaupungin viemäri- ja sadevesiverkosto tarvitsisi vielä enemmän parannustoimenpiteitä toimiakseen tulvatilanteessa ja estääkseen verkoston tulvimisen kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa. Joen vedenpinnan laskiessa 0,10 m tulvaluukkujen avauskorkeutta alemmaksi pengerrysalueiden tyhjentäminen voi alkaa. Lisääavauskorkeuden tilanteessa Ruhansaaren tyhjennysluukku ja Löyhingin tulvaluukku ei voida käyttää yhtä tehokkaasti pengerrysalueiden tyhjentämiseen, vaan siihen on käytettävä enemmän pumppuja kuin nykyavauskorkeuden tilanteessa. Ämpin pengerrysalue pitää edelleen tyhjentää kokonaan pumppujen avulla. Lisääavauskorkeuden tilanteelle kokonaiskustannukset näkyvät taulukossa 27.

9.1.3 Kokonaiskustannusten vertailu

Taulukossa 27 on koottuna kaikkien tarkasteltujen tulvavahinkojen sekä tulvahallinnan kokonaiskustannukset. Taulukosta voidaan huomata, että ainoastaan viljelysmaihin liittyvät tulvavahinkokustannukset laskevat tulvaluukkujen avauskorkeutta nostettaessa 0,2 m nykyistä luvan mukaista tulvaluukkujen avauskorkeutta korkeammaksi. Suurimmat kustannukset aiheutuvat tulvahallinnan verkostotöistä sekä rakennusten ja viljelysten tulvavahingoista.

Taulukko 27. Kokonaiskustannukset nyky- ja lisäävauskorkeuden tulvatilanteissa kerran 100 vuodessa toistuvalla tulvalla syys- ja kevättulvien aikaan.

	Nykyavauskorkeuden tilanteen kustannukset [€]	Lisäävauskorkeuden tilanteen kustannukset [€]
TULVAVAHINKO KUSTANNUKSET		
Viljelysmaat	3 173 000	2 933 000
Pengerrysalueet ja pumppaamot	5 600	25 900
Rakennukset	1 922 000	2 380 000
Tulvavahinko kustannukset yhteensä (kevättulva)	1 927 000	2 405 000
Tulvavahinko kustannukset yhteensä (syystulva)	5 100 000	5 338 000
TULVAHALLINTA KUSTANNUKSET		
Jätevedenpuhdistamo	0	100 000
Viemäri- ja sadevesiverkosto	356 000	2 004 000
Tulvahallinta kustannukset yhteensä	356 000	2 104 000
KAIKKI YHTEENSÄ (kevättulva)	2 283 000	4 509 000
KAIKKI YHTEENSÄ (syystulva)	5 456 000	7 442 000

Tulvaluukkujen avauskorkeuden nosto aiheuttaa kevättulvalla 0,48 miljoonaa euroa ja syystulvalla 0,24 miljoonaa euroa suuremmat tulvavahinkojen kokonaiskustannukset kuin tulvaluukkujen avauskorkeuden jättäminen nykyiselle luvan mukaiselle tasolle. Tulvan ajankohdalla on tulvavahinkojen kokonaiskustannuksiin merkittävä vaikutus sillä viljelysmaiden osuus on yli puolet kokonaisvahinkokustannuksista. Nykyavauskorkeuden tilanteessa syystulvan kokonaisvahinkokustannukset ovat 3,2 miljoonaa euroa kalliimmat ja lisäävauskorkeuden tilanteessa 2,9 miljoonaa euroa kalliimmat kuin kevättulvalla. Pengerrysalueiden tyhjennyskustannus kasvaa merkittävästi tulvaluukkujen avauskorkeuden nostamisen takia. Pumppauskustannukset nousevat 4,6-kertaiseksi luvan mukaisen tulvaluukkujen avauskorkeuden tulvatilanteeseen verrattuna, jos tulvaluukkuja voidaan käyttää tarkastellun tyhjäystilanteen mukaisesti. Mikäli pengerrysalueet tyhjennettäisiin pelkästään pumppaamojen avulla, lisäävauskorkeuden tilanne olisi 40 000 € halvempi. Rakennusten vahinkokustannukset kasvavat tulvaluukkujen avauskorkeuden noston myötä 1,2-kertaiseksi. Pelkästään tulvavahinkoja tarkasteltaessa tulvaluukkujen avauskorkeuden nosto lisää kustannuksia.

Tulvahallinnan kustannuksia tarkasteltaessa tulvaluukkujen avauskorkeuden nostamien lisää kustannuksia jätevedenpuhdistamon uuden purkuputken myötä. Lapuan kaupungin arvioiden mukaan viemäri- ja sadevesiverkoston tarvitsemat parannustöiden kustannukset lisääntyvät tulvaluukkujen avauskorkeutta nostettaessa 5,6-kertaiseksi nykyisen luvan mukaisen tulvaluukkujen avauskorkeuden tulvatilanteeseen verrattuna. Verkostoa tulisi siis korjata jo nyt, vaikka tulvaluukkujen avauskorkeutta ei muutettaisi. Tulvahallinnan kokonaiskustannukset ovat 1,75 miljoonaa euroa enemmän tulvaluukkujen avauskorkeutta nostettaessa. Yhteensä tulvavahinkoja ja tulvahallinnan kustannuksia tarkasteltaessa kustannukset kasvavat kevättulvalla 2,23 miljoonaa euroa ja syystulvalla 1,99 miljoonaa euroa, jos tulvaluukkujen avauskorkeutta nostetaan 0,2 m.

10 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä tutkimuksessa saatiin selville, että tulvaluukkujen avauskorkeuden nostaminen aiheuttaa sekä tulvavahinkojen että tulvahallinnan kustannuksien kasvua tarkastellulla kerran 100 vuodessa toistuvalla tulvalla. Tämän kustannushyötytarkastelun perusteella tulvaluukkujen avauskorkeutta ei kannattaisi nostaa, sillä se aiheuttaa ainakin kerran 100 vuodessa toistuvalla tulvalla enemmän haittaa kuin hyötyä. Vuodenajalla, jolloin tulva esiintyy, oli merkittävä vaikutus kustannuksiin, sillä viljelysten vahinkokustannusten osuus oli nykyavauskorkeuden tilanteessa 62 % ja lisäävauskorkeuden tilanteessa 55 % kokonaisvahinkokustannuksista. Pumppauskustannusten kasvu tulvaluukkujen korotetun avauskorkeuden tilanteessa oli yllättävä tulos, sillä pienempi vesimäärä pengerrysalueilla viittaisi halvempiin kustannuksiin. Näin ollen tilanne kääntyy päinvastaiseksi, koska Ruhansaaren tyhjennysluukku ja Löyhingin tulvaluukku voidaan hyödyntää tehokkaasti nykyavauskorkeuden tilanteen laskuissa arvioitujen vedenkorkeuksien erojen ansiosta. Mikäli pengerrysalueet tyhjennettäisiin pelkästään pumppaamojen avulla, lisäävauskorkeus olisi noin 40 000 € halvempi.

Viljelysten sadonmenetykset koskettavat alueen maanviljelijöitä ja tulvien seurauksena syntyvät pengerrysalueiden tyhjentämisen kustannukset pumppaamalla ovat heidän maksamia kustannuksia. Maanviljelijät ovat olleet tulvaluukkujen avauskorkeuden noston kannalla, koska silloin pengerrysalueella vesimäärät olisivat vähäisempiä ja pumppauskustannukset pienempiä. Tämän tutkimuksen perusteella kerran 100 vuodessa toistuvalla tulvalla olisi maanviljelijöille edullisempaa nostaa tulvaluukkujen avauskorkeus nykyisen luvan mukaista tasoa 0,2 m korkeammaksi. Vaikka tulvaluukkujen avauskorkeuden nosto lisää maanviljelijöiden kesken jaettavia pumppauskustannuksia 4,6-kertaiseksi nykyavauskorkeuden tilanteeseen verrattuna, ei siitä aiheutuva kustannuslisä ole yhtä suuri kuin noin 200 000 € säästö viljelysten vahinkokustannuksessa. Mikäli pengerrysalueiden tyhjennys tapahtuisi pelkästään pumppaamojen avulla, säästö olisi yhteensä noin 240 000 €.

Päivitetyn virtausmallin ja tulvakartoituksen tulokset vaikuttavat järkeviltä verrattaessa nykyiseen virtausmalliin ja tulvakartoitukseen. Päivitetyn virtausmallin virtaamat ja vedenkorkeus ovat pienempiä kuin nykyisessä, mutta niin ovat myös mallissa asetetut lähtötilanteet, jotka ovat SYKEN päivittämiä. Päivitetyssä tulvakartoituksessa vesisyvyyydet näyttävät noudattavan loogisesti alueiden oikeita maastonmuotoja. Tulva-

alue ei ole niin leveä kuin nykyisessä tulvakartoituksessa, kuten virtausmallien eroavaisuudet ennakoivat.

Tämän työn tulosten perusteella voidaan sanoa, millaisia vaikutuksia tulvaluukkujen avauskorkeuden muutoksella on tarkastelujen kaltaisissa tulvatilanteissa ja millaisia kustannuksia tulvaluukkujen eri avauskorkeuksien tilanteissa kokonaisuudessaan muodostuu (tulvavahingot ja -hallinta). Tämä kustannustarkastelu pätee kuitenkin vain tarkastelluille tulvatilanteille. Tämän työn pohjalta voidaan lähteä laatimaan tarkasteluja myös muiden tulvatoistuvuuksien tulvien aiheuttamista kustannuksista ja tarkastelemaan avauskorkeuksien muuttamisen vaikutuksia näissä tilanteissa.

10.1 Tulvamallinnuksen ja -kartoituksen virhelähteet

Tutkimuksen ensimmäiset virhelähteet liittyvät SYKeltä saatuihin virtaamatietoihin. Saadut tiedot perustuvat ennusteisiin, arvioihin ja vesistömalliin, sillä Lapuanjoelta ei ole mitattuja havaintoja kerran 100 tai 250 vuodessa toistuvista tulvista. Annetut virtaamat poikkeavat jonkin verran verrattaessa Gumbelin toistuvuusanalyysillä laskettuihin lukuihin, mutta molempien tietojen ollessa arvioita, suuruusluokat ovat riittävän lähellä toisiaan mielekkään tutkimuksen jatkamiseksi. Toistuvuusanalyysin käyttö vertailussa ei täysin luotettava säännöstellyn alueen alapuolisilla alueilla. Seuraavat virhelähteet syntyvät konsultin päivittämässä virtausmallinnuksessa HEC-RAS – ohjelmalla. Mallia rakennettaessa on täytynyt tehdä oletuksia esimerkiksi jokiuomaa määrittelevistä arvoista. Nämä oletukset on pyritty tekemään siten, että malli vastaisi mahdollisimman hyvin todellista tilannetta. Kalibroinnin jälkeen muuttuvan virtauksen malli näytti mallintavan hyvin vuonna 2013 tapahtuneen tulvatilanteen. Mallinnetut tilanteet eivät kuitenkaan koskaan vastaa täysin todellista tapahtumaa, vaan tuloksiin liittyy epävarmuutta.

Päivitettyä tulvakartoitusta tehdessä pyrittiin käyttämään mahdollisimman tarkkoja tietoja. Korkeusmallissa käytettiin kahden metrin ruudukko tarkkuutta ja tulvakartoitus tehtiin jokiosuudelle puolen metrin syvyysväleillä. Pengerrysalueet jouduttiin mallintamaan tietojen luonteesta johtuen 10 cm syvyysvälein. Mitä pienemmät tarkasteluvälit ovat, sitä tarkempi arvio saadaan. Alueen suuruudesta johtuen nämä tarkkuudet määriteltiin riittäviksi. Päivitetyn tulvakartoituksen tuloksena syntyneet tulva-alueet vaikuttivat loogisilta päivitetyn virtausmallinnuksen tuloksiin nähden.

Tulvariskikartoituksessa käytettiin uusimpia saatavilla olevia tietoja, joista monet olivat vuodelta 2015, mutta myös uudempia tietoja käytettiin. Mitä vanhempia tiedostot ovat, sitä enemmän asiat ovat voineet muuttua. Kovin merkittäviä muutoksia ei kuitenkaan esimerkiksi peltoalojen määrissä tai tulva-alueella olevissa rakennuksissa pitäisi olla. Tämä oletus johtuu siitä, etteivät viljeltävien kasvilajien osuudet muutu kovin nopeasti isolla alueella, eikä uusien talojen rakentamista suositella mahdollisesti tulviville alueille. Kastuvia peltoaloja määritettäessä peltolohkon vesisyvyyydeksi määritettiin lohkon keskiarvo johtuen 10 cm välein mallinnetusta suuresta syvyystietomäärästä. Tämä tuottaa virhettä kastuvien peltohehtaareiden määrään ja niiden syvyysluokkaan. Hehtaarimäärä on todellisuudessa suurempi kuin mitä mallinnetuissa kartoituksissa on. Tämän pitäisi kuitenkin osittain kompensoitua kustannuksissa tehdyissä oletuksissa.

Aiemmin tulvakartoitukset oli toteutettu tasaisen virtaaman mallinnuksella, eikä kartoituksissa ollut huomioitu pengerrysalueiden joen vedenkorkeudesta mahdollisesti poikkeavaa vedenkorkeutta. Oletuksena oli ollut, että vedenkorkeudet ovat samalla tasolla joenpinnan tason kanssa. Päivitetyistä tarkemmasta virtausmallinnuksesta kuitenkin huomataan, etteivät pinnat ole samalla korkeudella tarkastelun mukaisessa tulvatilanteessa, vaan pengerrysalueen vedenkorkeus voi olla erilainen kuin joessa. Pienemmillä tulvatilanteilla pengerrysalueiden vedenkorkeus voi olla pienempi kuin joessa, mutta suuremmilla tulvilla joen pituuskaltevuudesta johtuen vedenpinta saattaa olla pengerrysalueen alkuosassa pengerrysalueella ja joessa yhtä korkealla, mutta pengerrysalueen loppuosassa pengerrysalueen vedenkorkeus saattaa olla korkeampi kuin joessa. Pengerrysalueiden tarkemmasta tarkastelusta johtuen uusissa ja vanhoissa tiedoissa on merkittävästi eroja. Vaikuttaisi kuitenkin, että nykyinen menetelmä kuvastaa paremmin oikeaa tilannetta.

Rakennusten kustannusarvioon on käytetty siihen suunniteltua työkalua, jolla SYKE yleisesti arvioi tulvista syntyvät vahinkokustannukset. Työkaluun liittyy paljon virhettä aiheuttavia tekijöitä, sillä laskelmissa on tehtävä isoja oletuksia, jotka olisivat päteviä koko alueen rakennuskannan kuvaamiseen. Menetelmästä arvioidaan virhettä voivan muodostua muun muassa rakennevahingoista 1,5-5 %, vesisyvyysluokitteluvirheestä jopa 20 %, rakennusten neliöhinta arvio jopa 20 %, irtaimistovahingoista 1-4 % ja puhdistuskuluista 4-8 % (Silander ja Parjanne 2013, s. 30-31). Kellareiden vahinkokustannusten suuruuden oletus ja sen lisääminen keskimääräisellä vahinkokustannusarviolla lisää virheen määrää kokonaisrakennuskustannuksiin.

Pumppauskustannuksia määritettäessä oletettiin laskelmia helpottamiseksi kaikkien pumppujen olevan samanlaisia ja käyttävän samaa sähkösopimusta. Pumppauksen ja pengerrysalueen tyhjentyminen oletettiin toteutuvan tasaisesti, mikä on epätodennäköistä maastonmuotojen takia. Pengerrysalueiden tyhjentäminen toteutettiin tarkasteluissa samalla periaatteella, eli tyhjennys aloitettiin heti jokiuoman vedenpinnan laskiessa määritetyn tason alapuolelle. Todellisuudessa tyhjäyksen aloittamista voidaan lykätä, jos sillä saataisiin hyödynnettyä tyhjennys- ja tulvaluukkuja pumppujen sijaan. Myös vedenkorkeuden lasku jokiuomassa oli vain yksi arvio perustuen vuonna 2013 tapahtuneeseen tulvatilanteeseen, joten tyhjennyksen kustannusarvio pätee vain kyseiselle tulvakorkeuden laskutilanteelle. Sadon tuhoutumiseen vaikuttaa niin monet eri sääolosuhteet, tulvasyvyyydet, kestot ja ajankohdat, ettei ole mielekäästä tarkastella tässä työssä kaikkia muuttujia. Aiempien tutkimusten perusteella tehtiin karkea arvio, joka arvioi satomenetyksiä mahdollisesti hieman liian suureksi. Tätä kuitenkin kompensoi aiemmin mainittu peltolohkoihin liittyvä oletus, jossa peltolohkojen vesisyvyys määritettiin koko peltolohkon keskiarvona. Tästä syystä osa osittain kastuvista peltolohkoista jää tulva-alueen ulkopuolelle ja kastuvien peltoalojen kokonaismäärä jää hieman pienemmäksi. Satojen arvoina on käytetty vuoden 2015 tietoja, jotka ovat viimeisimmät tiedot, joita valtio on käyttänyt korvaustensa laskemiseen. Kustannuksia tarkasteltaessa on jätetty pois tässä työssä kaikki yhdyskuntatekniikan rakennukset ja katujakokaapit sekä autoille, teille, ojille ja silloille mahdollisesti aiheutuvat vahingot. Lisäksi pelastustoimet ja muiden erityisjärjestelyä vaativien tilanteiden, kuten evakuointien kustannukset on jätetty huomiomatta tässä työssä.

11 YHTEENVETO

Tässä työssä toteutettiin Lapuanjoen pengerrysalueen tulvasuojelukäytäntöjen muutosten kustannushyötyarviointi. Tarkoituksena oli selvittää, voisiko pengerrysalueita käyttää harvinaisempien tulvien korkeimpien vedenkorkeusmaksimien leikkaamiseen tehokkaammin muuttamalla pengerrysalueen tulvaluukkujen avauskorkeutta korkeammaksi. Kun vettä päästettäisiin pengerrysalueille vasta myöhemmässä tulvan vaiheessa, pengerrysalueilla olisi enemmän varastokapasiteettia jäljellä. Tulvan vedenkorkeusmaksimin leikkaus olisi tällöin mahdollista, sillä pengerrysalueet saattaisivat pystyä vastaanottamaan tämän suuren vesimäärän. Konsultin tekemien, HEC-RAS -ohjelmalla mallinnettujen, päivitettyjen virtausmallinnusten mukaan tällaista vedenkorkeusmaksimin leikkaantumista ei saatu toteutettua, mutta pengerrysalueen käytön muutoksen tutkimista jatkettiin tulvaluukkujen avauskorkeuksien muutoksen kustannushyötyarvioinnilla.

Jatkotutkimuksiin valittiin kerran 100 vuodessa toistuva tulvatilanne ja tarkasteltaviksi tulvaluukkujen avauskorkeuksiksi nykyisen luvan mukainen nykyavauskorkeus ja 0,20 m nostettu lisäavauskorkeus. Näistä tilanteista rakennettiin ArcMap-ohjelmalla päivitetty tulvakartoitus Lapuanjoen merkittävälle tulva-alueelle ja alueelle lisättiin uusimmat aineistot tarkasteltavista riskikohteista. Molemmille avauskorkeuden skenaarioille laskettiin sen jälkeen tulvista aiheutuvat kustannukset tulvavahingoille ja tulvahallinnalle.

Tutkimuksen tuloksena saatiin selville, että tulvaluukkujen avauskorkeuden nostaminen lisää sekä tulvavahinkojen että tulvahallinnan kustannuksia. Avauskorkeuden nosto aiheutti kevättulvalla yhteensä 0,48 miljoonaa euroa ja syystulvalla yhteensä 0,24 miljoonaa euroa suuremmat tulvavahinkokustannukset kuin tulvaluukkujen avauskorkeuden jättäminen nykyiselle luvan mukaiselle tasolle. Yllättävintä tutkimuksissa oli, että pengerrysalueiden pumppauskustannukset nousivat lisäavauskorkeuden mukaisessa tilanteessa, vaikka vesimäärät pengerrysalueilla vähenivät. Tämä johtui tyhjennys- ja tulvaluukkujen tehokkaammasta hyödyntämisestä tyhjennyksessä nykyisen luvan mukaisessa tulvaluukkujen avauskorkeuden tilanteessa. Pelkkien pumppaamojen käyttö pengerrysalueen tyhjennyksessä aiheutti kuitenkin säästöjä tulvaluukkujen avauskorkeutta nostettaessa. Tutkimuksessa todettiin myös, ettei Lapuan kaupungin viemäri- ja sadevesiverkosto ole suunniteltu kestämaan harvinaisia kerran 100 vuodessa toistuvia tulvia. Jotta nykyisen luvan mukaisen tulvaluukkujen

avauskorkeuden tulvatilanteessa selvittäisiin, täytyisi kaupungin tehdä mittavia parannustöitä verkostoon. Tulvaluukkujen avauskorkeuden nosto aiheuttaisi vielä suuremmat parannustyöt. Lapuan jätevedenpuhdistamo selviäisi nykyisen luvan mukaisen tulvaluukkujen avauskorkeuden aiheuttamasta kerran 100 vuodessa toistuvasta tulvasta nykyisellä laitteistolla, mutta tulvaluukkujen avauskorkeuden nosto aiheuttaisi uuden purkuputken rakentamistarpeen.

Ongelmallista tällaisessa tutkimuksessa on sellaisten tulvien ennustamisen epävarmuus, joita ei ole vielä aiemmin todettu tarkasteltavalla alueella. Tulvatilanteet voivat olla todellisuudessa hyvinkin erilaisia keston ja suuruuden osalta, eikä niitä pystytä ennustamaan tarkasti. Tässä tutkimuksessa on käsitelty vain yhtä tulvatilannetta, joka voisi tapahtua, joten tuloksetkin pätevät vain juuri tämän kaltaiseen tulvatilanteeseen.

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan lähteä tarkastelemaan erilaisia tulvatilanteita tai muuttamaan tässä työssä tarkasteltujen tulvien kestoa. Yleisempien tulvien tarkastelusta saataisiin käyttökelpoista tietoa siitä, olisiko pienemmillä tulvilla kokonaiskustannuksia tarkasteltaessa edullisempaa nostaa tulvaluukkujen avauskorkeutta. Lapuanjoen uoman syvyys saattaisi riittää taajama-alueella tulvaluukkujen avauskorkeuden noston pienemmällä tulvalla. Tässä työssä tarkasteltujen tulvien huipun kestoa muuttamalla voitaisiin tarkastella, miten pengerrysalueet kestäisivät pitkäkestoista tulvaa. Suhteellisen yleinen mutta pitkäkestoinen tulva saattaisikin olla tuhoisampi kuin lyhyt harvinainen tulva.

Tulvan aikaisten toimenpiteiden, esimerkiksi tulvaluukkujen avauksen ja pengerrysalueiden tyhjentämisen, muutosten tutkiminen toisi myös paljon uutta tietoa siitä, miten esimerkiksi pengerrysalueiden tulvaluukkuja olisi hyvä käyttää pengerrysalueiden täyttöön tai tyhjennykseen. Esimerkiksi nostetun avauskorkeuden tilanteessa voitaisiin säästää merkittävästi pumppauskustannuksissa, mikäli odotettaisiin joenpinnan laskemista selkeämmin pengerrysalueen vesipintaa alemmaksi. Vaikka tässä työssä tutkittujen tilanteiden perusteella avauskorkeutta ei kannattaisi nostaa, saattaisi pienemmällä avauskorkeuden muutoksella tulla muutosta tukevia tuloksia. Esimerkiksi yleisemmillä tulvilla pienellä tulvaluukkujen avauskorkeuden muutoksella saatettaisiin saada säästöjä viljelys- ja pumppauskustannuksissa, mutta esimerkiksi rakennuksia ei välttämättä kastuisi enempää kuin alkuperäisessä tulvaluukkujen avauskorkeuden tilanteessa.

Nämä yllä esitetyt asiat eivät mahtuneet tähän diplomityöhön, mutta joskus tulevaisuudessa toteutettaessa voivat antaa paljon hyvää tietoa alueen tulvasuojelun kehittämiseen ja tulvakartoitusten epävarmuuksien pienentämiseen.

LÄHDELUETTELO

Alasaari, E., 2017. Lapuan viemäri- ja sadevesiverkostot, kulttuurikeskus Vanha Paukku [Yksityinen sähköposti]. Vastaanottaja: Meri Rinta-Piirto. Lähetetty 9.10.2017.

Ekholm, M., 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 126 - sarja A, 163 s. ISBN 951-37-1087-4

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus, 2011. Tulvariskien alustava arviointi Lapuanjoen vesistöalueella. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus, 63 s.

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus, 2014. Lapuan tulvariskikartoitus 2013 [Verkkodokumentti]. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus, 22 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B1FE35AFA-0293-4C68-9442-B6875B156EA1%7D/98780> [Viitattu 21.6.2017].

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus, 2015. Lapuanjoen vesistöalueen tulvariskien hallintasuunnitelma vuosille 2016-2021. Raportti 116. Seinäjoki: Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 227 s. ISBN: 978-952-314-360-9

Farmit, 2017. Kumina [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/kasvuohjelma/erikoiskasvit/kumina> [Viitattu 6.9.2017].

Helsingin Sanomat, 2016. Tulvavesi katkaisi teitä Helsingissä ja Espoossa – syyskuun keskimääräinen sademäärä ryöppysi kerralla [Verkkodokumentti]. Helsingin sanomat. Saatavissa: <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000002919265.html> [Viitattu 4.8.2017].

Hertta, 2017. Avoimet ympäristötietojärjestelmät. Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta [Verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: http://www.syke.fi/fi-FI/Avoim_tieto/Ymparistotietojarjestelmat [Viitattu 15.5.2017].

Huhtamäki, J., 2017. Tulvapenkereet ja niiden toiminta. ELY-keskus. [Haastattelu 3.8.2017].

Ilmasto-opas, 2015. Tulviin voidaan varautua tulvariskien hallintatoimilla [Verkkodokumentti]. Ilmatieteen laitos, Suomen ympäristökeskus SYKE, Aalto yliopisto. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/sopeutuminen/-/artikkeli/8c767266-3af1-4f15-9a44-8d07ea02f0c1/tulviin-voidaan-varautua-tulvariskien-hallintatoimilla.html> [Viitattu 9.6.2017].

Ilmatieteen laitos, 2017a. Merenpinnan nousu Suomen rannikolla. [Verkkodokumentti] Ilmatieteen laitos. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/merenpinnan-nousu-suomen-rannikolla> [Viitattu 10.10.2017].

Ilmatieteen laitos, 2017b. Lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961. [Verkkodokumentti] Ilmatieteen laitos. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961> [Viitattu 30.5.2017].

Keski-Saari, O., 2017. Lapuan Jäteveden tulvavahinkoarvio [Yksityinen sähköposti] Vastaanottaja: Meri Rinta-Piirto. Lähetetty 19.6.2017.

Keskisuomalainen, 2016. ainoastaan vakuutus korvaa satovahingot. [Verkkodokumentti] Keskisuomalainen. Saatavissa: <http://www.ksml.fi/kotimaa/Ainoastaan-vakuutus-korvaa-satovahingot/803052> [Viitattu 9.8.2017].

Korhonen, J., 2007. Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. Julkaisu 45/2007. Suomen Ympäristö. 120 s. ISBN 978-952-11-2935-3 (PDF)

Kulttuurikeskus Vanha Paukku, 2017. Kulttuurikeskus Vanha Paukku. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.vanhapaukku.fi/etusivu> [Viitattu 19.6.2017].

Lahti, M., 2017. Lapuan kaupungin tulvavahinkoarvio [Yksityinen sähköpostiviesti] Vastaanottaja: Meri Rinta-Piirto. Lähetetty 19.6.2017.

Lapuan Jätevesi, 2017. Lapuan Jätevesi. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.lapuanjatevesi.fi/> [Viitattu 20.6.2017].

Leiviskä, P., 2017. Lapuanjoen tulvaluukkujen avauskorkeuden vaikutus HQ1/100 ja HQ1/250 tulvatilanteissa. Tyrnävä: Insinööritoimisto Pekka Leiviskä, 46 s.

Lippo, J., 2013. Kyrönjoen yläosan tulvapengerrysalueiden käytön optimointi kesä- ja syystulvatilanteissa, Oulu: Oulun yliopisto. 104 s. Saatavissa <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201504021223.pdf>

Länsiviertö, P., 2017. Maatalouden haasteet tulvatilanteissa. Ely-keskus. [Haastattelu 6.7.2017].

Maanmittauslaitos, 2017. Karttapaikka [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/> [Viitattu 28.7.2017].

Mustonen, S., Kuusela, J. & Kuuskorki, M., 1982. RIL 141, Yleinen vesitekniikka. 433 s. ISBN 951-758-024-X

Parjanne, A., Aaltonen, J. & Sane, M., 2015. Yhteenveto tulvariskien hallintasuunnitelmista vuosille 2016–2021 [Verkkodokumentti]. Suomen Ympäristökeskus, 18 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B078013AF-2CCC-4D42-BF77-DB4D4C6340DB%7D/114521> [Viitattu 12.6.2017].

Parjanne, A., Huokuna, M. (toim), 2014. Tulviin varautuminen rakentamisessa - Opas alimpien rakentamiskorkeuksien määrittämiseksi ranta-alueilla. Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteen laitos, Ympäristöministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö, 75 s. ISBN 978-952-11-4307-6

Ramboll, 2011. *Lapuanjoen tulvariskien hallinnan yleissuunnitelma*. Ramboll, 20 s.

Rantakokko, K., 2002. Tulvavesien tilapäinen pidättäminen valuma-alueella, Helsinki: Suomen ympäristökeskus, 91 s. ISBN 952-11-1171-2 (PDF)

Sane, M. ym., 2006. Opas yleispiirteisen tulvavaarakartoituksen laatimiseen [Verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus, 73 s. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41018/YO_127.pdf?sequence=1 [Viitattu 9.6.2017].

Silander, J. & Parjanne, A., 2013. Tulvariskien euromääraäisten vahinkojen ja niiden hallinnan hyötyjen arviointi [Verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus SYKE, 38 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BB1F1E04F-62DE-4DF5-81B7-098102C62120%7D/37016> [Viitattu 4.8.2017].

Suhonen , V. & Rantakokko, K., 2006. Tilapäiset tulvasuojelurakenteet [Verkkodokumentti]. Uudenmaan ympäristökeskus, 36 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BE4A47AB7-6BBC-49EE-8424-F85D09E199D7%7D/95917> [Viitattu 9.6.2017]

SYKE, 2013. Tulvien esiintyminen [Verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus SYKE. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Olenko_tulvariskialueella/Tulvien_esiintyminen [Viitattu 18.5.2017].

SYKE, 2015. Olenko tulvariskialueella? [Verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus SYKE. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Olenko_tulvariskialueella [Viitattu 5.6.2017].

SYKE, 2017a. Tulviin varautuminen [Verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus SYKE. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen [Viitattu 17.5.2017].

SYKE, 2017b. Tulvakartoitus [Verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus SYKE. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvakartoitus [Viitattu 22.6.2017].

SYKE, 2017c. Tulvavahinkojen korvaaminen [Verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus SYKE. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvavahinkojen_korvaaminen [Viitattu 22.6.2017].

Tamminen, A., 2016. Lapuanjoen pengerrysalueiden käytön muutoksen tutkiminen virtausmallin avulla, Seinäjoki: Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus, Lapuanjokirahasto, 15 s.

Veijalainen , N. & Vehviläinen, B., 2008. Ilmastonmuutos ja patoturvallisuus - vaikutus mitoitustulviin, julkaisu 21/2008. Suomen ympäristö, 123 s. ISBN 978-952-11-3132-5 (PDF)

Liite 1. Lapuanjoen vesistöalueen tulvariskien hallinnan toimenpiteet

Taulukko 28. Yhteenveto Lapuanjoen vesistöalueen tulvariskien hallinnan toimenpiteistä ja niiden vastuutahoista tai rahoittajista, toteutus-ajasta sekä priorisoinnista. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus, 2015, s. 148-149)

Toimenpideryhmät	Toimenpiteet	Vastuutaho/rahoittaja	Toteutusvuosi	Priorisointi
Tulvariskiä vähentävät toimenpiteet				
1. Maankäytön suunnittelu	1.1 Tulva-alueiden merkitseminen kaavoihin	Etelä-Pohjanmaan liitto, kunnat	Jatkuva	Ensisijainen
	1.2 Alimpien rakentamiskorkeuksien huomioiminen yleis- ja asemakaavoissa sekä rakennusjärjestyksissä	Kunnat	Jatkuva	Ensisijainen
	1.3 Tulvien kunnallistekniikalle aiheuttamien haasteiden huomioiminen asemakaavoissa ja rakennusjärjestyksissä.	Kunnat	Jatkuva	Ensisijainen
2. Hydrologinen seuranta ja mallintamisen kehittäminen	2.1 Tulvaennusteiden ja mittauksen luotettavuuden kehittäminen ja parantaminen.	Suomen ympäristökeskus ja ELY-keskus	Jatkuva	Ensisijainen
3. Tulvakartoitus	3.1 Tulvakartoituksen kehittäminen	Tulvakeskus ja ELY-keskus	Jatkuva	Ensisijainen
	3.2 Lapuan ja Kauhavan vahinkokohteiden tarkempi kartoitus	Lapuan ja Kauhavan kaupunki ja ELY-keskus	viimeistään 2016	Ensisijainen
	3.3 Uudenkaarlepyyn muun merkittävän tulvariski-alueen tulvariskien arviointi	Uudenkaarlepyyn kaupunki ja Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus	viimeistään 2021	Ensisijainen
4. Veden pidättäminen valuma-alueilla pienimuotoisilla toimenpiteillä	4.1 Valumavesien pidättämiseen soveltuvien kohteiden suunnittelun ja käyttöönoton tehostaminen	Toiminnan harjoittajat mm. maa- ja metsätalouden harjoittajat, turvetuottajat, maanomistajat ja kunnat	Jatkuva	Ensisijainen
	4.2 Selvitys käytöstä poistuvien turvetuotantoalueiden muuttamisesta vedenpidätysalueiksi	ELY-keskus ja turvetuottajat	2016—2021	Ensisijainen
	4.3 Valumavesien pidättämiseen liittyvien toimien tukijärjestelmien kehittäminen	Ministeriöt	Jatkuva	Ensisijainen
Tulvasuojelutoimenpiteet				
5. Kuortaneenjärven säännöstelyn muutos	5.1 Kuortaneenjärven säännöstelyn mahdollisen muutoksen sekä Talinkalman padon lähialueen mahdollisen perkauksen ja patorakenteen muuttamisen suunnittelu, lupahakemus ja toteutus	ELY-keskus ja Kuortaneen kunta sekä Lapuan kaupunki	2016—2021	Ensisijainen
6. Lapuanjoen pengerrysalueiden käytön muutos	6.1 Selvitykset Lapuanjoen pengerrysalueiden käytön muutoksen haitoista ja hyödyistä	Lapuan ja Kauhavan kaupunki, Lapuan ja Kauhavan pengerrysyhtiöt sekä ELY-keskus	2016—2017	Ensisijainen
	6.2 Mahdollinen suunnitelma ja lupahakemus Lapuanjoen pengerrysalueiden käytön muutoksesta	ELY-keskus, Lapuan ja Kauhavan kaupunki sekä Lapuan ja Kauhavan pengerrysyhtiöt	2018—2021	Ensisijainen
	6.3 Lapuanjoen pengerrysalueiden, tekojärvien ja säännösteltyjen järvien rakenteiden kunnossapito	ELY-keskus, Lapuan ja Kauhavan pengerrysyhtiöt, voimayhtiöt	Jatkuva	Ensisijainen
	6.4 Pengerrysalueille johdettujen vesien takaisin-pumppauksen kustannusjaosta sopiminen	Lapuanjoen pengerrysyhtiöt, Lapuan kaupunki, Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus	2016-2017	Toissijainen
7. Muilla tulva-alueilla matalalla sijaitsevien kohteiden paikallissuojaaminen	7.1 Tulvariskialueella sijaitsevien rakennusten paikallissuojaus. Erityisesti kohteet, jotka vahingoittuvat yleisillä tulvilla (<1/50 v)	Tulva-alueen kiinteistönomistajat ja kunnat ja kaupungit	Jatkuva	Toissijainen
Valmiustoimet				
8. Tulvaennusteet ja ennakkotiedotus	8.1 Tulviin liittyvän ennakkotiedotuksen ja kansalaisille suunnatun tulvaennusteen kehittäminen	ELY-keskus, tulvakeskus, pelastuslaitokset ja kunnat sekä mahdollinen alueellinen hanke	Jatkuva	Ensisijainen
	8.2 Tulvatilanteen kehittymisen dokumentoinnin kehittäminen esim. riistakameroilla	ELY-keskus ja tulvakeskus	2016—2021	Toissijainen
9. Tulvavaroitukset, pelastussuunnitelmat ja kuntien varautumissuunnitelmat sekä tulvatorjunnan harjoitukset	9.1 Tulvavaroitusjärjestelmän kehittäminen Lapuanjoen vesistöalueelle	ELY-keskus, Suomen ympäristökeskus, maa- ja metsätalousministeriö ja mahdollinen alueellinen hanke	2016—2018	Toissijainen

	9.2 Jokikohtaisen suuronnettomuusharjoituksen järjestäminen Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan tulvariskialueelle.	Länsi- ja Sisä-Suomen AVI, alueelliset pelastuslaitokset ja ELY-keskus	2016—2021	Ensisijainen
	9.3 Lapuan ja Kauhavan kaupunkien varautumissuunnitelman laatiminen ja päivittäminen tulvia varten.	Lapuan ja Kauhavan kaupunki	Jatkuva	Täydentävä
10. Omatoiminen varautuminen	10.1 Tulvariskialueiden toimijoiden varautuminen tulvatilanteeseen	Kiinteistöjen omistajat ja muut paikalliset toimijat	Jatkuva	Ensisijainen
	10.2 Henkilökohtaisten varautumissuunnitelmien laatiminen tulvaa varten	Kiinteistöjen omistajat ja muut paikalliset toimijat	Jatkuva	Ensisijainen
11. Ennakoivat tulvantorjuntatoimet	11.1 Säännösteltyjen järvien padotus- ja juoksutus selvityksen laatiminen ja säännöstelyn kehittäminen.	ELY-keskus ja voimayhtiöt	2016—2021	Ensisijainen
	11.2 Mallinnuksen kehittäminen hyöde-ennusteita varten.	Suomen ympäristökeskus	2016—2018	Täydentävä
12. Ennakoiva materiaalin hankinta	12.1 Selvitys Lapuan tulvariskialueen erityiskohteiden suojaamisesta tilapäisillä tulvaseinämillä.	Lapuan ja Kauhavan kaupungit	2016—2017	Ensisijainen
	12.2 Siirrettävien tulvaseinämien hankkiminen.	Lapuan ja Kauhavan kaupungit sekä alueelliset pelastuslaitokset sekä valtio	2016—2021	Ensisijainen
Toiminta tulvatilanteessa				
13. Tulvatilannekuva ja tiedotus	13.1 Tilannekuvan ja viranomaisyhteistyön ylläpito sekä yhteistyötulvaseinämät	ELY-keskus, alueelliset pelastuslaitokset, kunnat, tulvakeskus ja Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintovirasto	Kerran vuodessa	Ensisijainen
	13.2 Tulvatiedottamisen resurssit ja tehostaminen tulva-aikana ja tulvatilanteisiin varautuminen.	ELY-keskus, alueelliset pelastuslaitokset, kunnat ja tulvakeskus	Jatkuva	Ensisijainen
14. Tulvan aikainen säännöstely ja poikkeusluvut	14.1 Tekojärvien, säännösteltyjen järvien ja pengerryspumppaamojen hoito lupapäätösten rajoissa mahdollisimman tehokkaasti tulvavahinkojen pienentämiseksi	ELY-keskus, voimayhtiöt	Jatkuva	Ensisijainen
	14.2 Poikkeamislupien hakeminen säännöstelyn tilapäiseksi muuttamiseksi tulvatilanteessa	ELY-keskus, voimayhtiöt	Jatkuva	Ensisijainen
15. Tilapäiset ja kiinteistökohtaiset suojaustoimet sekä pumppaus	15.1 Tilapäisten suojausten tekemisen harjoittelu	Kiinteistöjen omistajat, alueelliset pelastuslaitokset, kunnat ja vapaaehtoiset toimijat	2018—2021	Toissijainen
16. Evakuointi	16.1 Evakuointiin tarvittavien riittävien resurssien varmistaminen	Alueelliset pelastuslaitokset, kunnat, puolustusvoimat ja vapaaehtoiset toimijat	jatkuva	Täydentävä
Jälkitoimenpiteet				
17. Kriisiapu ja vapaaehtoistoiminnan edistäminen	17.1 Kriisiapua tarjoavien palvelujen ylläpito ja kehittäminen	Kunnat ja kriisiapua tarjoavat toimijat	Jatkuva	Ensisijainen
	17.2 Vapaaehtoisen pelastuspalvelun, kylä-yhdistyksien tai muu vapaaehtoistoiminnan sekä viranomaisten yhteinen harjoitus tulvien jälkitoimista	Vapaaehtoisjärjestöt, kunnat ja alueelliset pelastuslaitokset	2016—2021	Ensisijainen
18. Jälkitoimien tiedotus	18.1 Tulvan jälkitoimien ja palautumisen tiedottamisen kehittäminen	Tulvakeskus ELY-keskus, kunnat ja alueelliset pelastuslaitokset	Jatkuva	Ensisijainen
19. Todettujen tulvavahinkojen arviointi ja vahingonkorvaus	19.2 Määritettyjen korvauksiin oikeuttavien vedenkorkeuksien (1/50 v) säilyminen yhtenäisinä suunnittelukauden ajan	Tulvakeskus	2016—2021	Ensisijainen
20. Tulvan jälkeinen siivous ja jälleenrakennus sekä toimintojen uudelleen sijoittelu	20.1 Selvitys ja toimintasuunnitelma tulvan jälkeisistä puhdistustoimenpiteistä	Tulvakeskus, kunnat ja alueelliset pelastuslaitokset,	2018—2021	Toissijainen
	20.2 Ajantasainen suunnitelma tulvariskialueen erityiskohteiden väistöpaikoista tulvatilanteessa.	Lapuan ja Kauhavan kaupunki	jatkuva	Ensisijainen
	20.3 Esite tulvan jälkeisistä toimenpiteistä	ELY-keskus	2016	Ensisijainen

Liite 2. Lapuanjoen vesistöalueen keskeiset vedenkorkeudet ja virtaamatiedot

Taulukko 29. Lapuanjoen vesistöalueen keskeiset vedenkorkeudet ja virtaamatiedot.
(mukaillen Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2015, s. 38)

a) Vedenkorkeusasemat +N₆₀ m

Havaintopaikka	Havainto- jakso	F* [km ²]	L* [%]	MW* [m]	HW* [m]	NW* [m]	MHW* [m]	MNW* [m]
4400100 Kuortaneenjärvi	19.11.1929– 2012	1266	4,6	75,76	78,07	74,89	76,74	75,21
4400110 Töysänjoki	1.5.1950– 2012	274	4,1	102,44	104,08	101,92	103,4	102,12
4400111 Rantatöysänjärvi, mt. silta	1.1.1981– 31.12.2005	-	-	106,92	107,73	106,51	107,31	106,66
4400112 Jääskänjärvi	1.1.1965– 2010	45	9,6	104,01	105,06	102,65	104,6	103,4
4400113 Kuotesjärvi	1.1.1966– 2010	123	9,7	112,81	113,37	112,23	113,1	112,63
4400114 Vähä-Allasjärvi	1.1.1965– 6.1.1978	-	-	115,51	116,4	114,47	115,95	115,22
4400115 Iso-Allasjärvi	1.1.1965– 2010	-	-	115,7	116,47	114,859	116,11	115,28
4400116 Kuorasjärvi	1.1.1965– 2010	-	-	105,99	106,45	105,23	106,25	105,69
4400117 Saarijärvi	1.1.1965– 2010	-	-	105,59	106,57	101,35	105,67	105,34
4400118 Saukkojärvi	1.1.1965– 2010	-	-	107,57	107,57	105,3	107,19	106,95
4400120 Karan silta	5.9.2002– 2011	1446	4,3	74,116	75,61	73,29	75	73,6
4400140 Kätkänjärvi	1.6.1992– 2009	40	-	149,22	149,72	147,91	149,62	148,77
4400200 Nurmonjoki, Nurmo	4.7.1932– 31.12.1978	715	5,3	34,03	36,68	33,08	35,69	33,52
4400210 Hirvijärvi	1.5.1984– 2012	0	0	88,08	88,99	85	88,78	86,54
4400220 Varpulan tekojärvi	13.1.1967– 2010	71	-	91,13	92,32	81,07	91,82	89,41
4400300 Lapua	1.1.1912– 30.6.1980	2590	4,1	25,52	28,93	24,45	27,79	24,87
4400310 Tampparinkoski	1.5.1980– 2012	1671	3,7	33,9	35,42	33,19	34,79	33,53

4400320 Kauhavanjoki	21.4.1955– 2005	641	0,7	28,57	32,65	23,79	30,06	26,53
4400400 Lapuanjoki, Liinamaa	20.4.1955– 2010	3540	3,4	23,84	27,09	18,52	25,93	22,27
4400420 Lapuanjoki, Pouttu	5.9.2002– 2011	-	-	26,2	28,05	26,01	27,07	26,09
4400500 Pappilankari	11.11.1929– 30.9.1993	3671	3,3	22,16	26,25	20,71	24,69	21,26
4400600 Keppo	6.11.1929– 31.12.1958	3949	3	20,46	22,65	19,59	21,89	19,87
4400610 Keppo	4.2.1935– 2012	3949	3	20,57	22,78	19,58	22,08	19,93
4400800 Uusikaarlepyy, ylä	1.5.1999– 31.12.2005	4122	2,9	8,91	9,2	8,65	9,19	8,73
4400910 Uusikaarlepyy, ala	5.1.1928– 31.12.1995	4122	2,9	-	3,12	-	2,03	-

b) Virtaama (m³/s)

Havaintopaikka	Havainto- jakso***	F* [km2]	L* [%]	MQ** [m3/s]	HQ** [m3/s]	NQ** [m3/s]	MHQ** [m3/s]	MNQ** [m3/s]
4400110 Töysänjoki	1.5.1980-	274	4,1	2,6	37	0,06	19	0,24
4400112 Jääskänjärvi	6.5.1970-	45	9,6	1,13	5,6	0,02	4,2	0,1
4400113 Kuotesjärvi	6.5.1970-	123	9,7	0,27	4,7	0	2	0,08
4400114 Vähä-Allasjärvi	1.8.1999-	-	-	0,04	4,1	0	0,64	0,01
4400115 Iso-Allasjärvi	1.8.1999-	-	-	0,85	4,6	0	3,6	0,05
4400116 Kuorasjärvi	2.10.1970-	-	-	1,06	6,7	0	4	0,12
4400140 Kätkänjärvi	2.12.1970-	40	-	0,41	6,5	0	3,1	0,1
4400200 Nurmonjoki	1.1.1933– 31.5.1975	715	5,3	6,1	82	0	47	0,69
4400220 Varpulan tekojärvi	12.3.1970-	71	-	0,48	5	0	2,3	0,14

4400251 Hirvikoski + Nurmonjoki	1.8.1999-	716	7,5	4,7	33	0	17,2	0,03
4400310 Tampparinkoski	1.5.1980-	1671	3,7	15,1	118	0,65	75	1,66
4400320 Kauhavanjoki	Havaintoja v. 1958 ja 1993	-	-	9,9	55	0,78	45	12,6
4400500 Pappilankari	1.1.1931– 30.9.1993	3671	3,3	31	315	0,9	183	3,6
4400610 Keppo	1.1.1931– 31.12.1956	3949	3	30	314	1	188	3,3
4400610 Keppo	1.1.1957-	3949	3	34	320	0,8	202	3,5
4400850 Uusikaarlepyy	1.1.1970-	4122	2,9	31	331	0	176	2,6

Joissakin havainnoissa jonkin verran puutteita, jonka vuoksi keskiarvot eivät ole kovin tarkkoja.

* F= Valuma-alueen koko, L= järvisyys %, MW=keskivedenkorkeus, HW= ylivedenkorkeus, NW= alivedenkorkeus, MHW= keskiylivedenkorkeus, MNW= keskialivedenkorkeus

** MQ= keskivirtaama, HQ= ylivirtaama, NQ= alivirtaama, MHQ= keskiylivirtaama, MNQ= keskialivirtaama.

*** Virtaamahavainnot vuoteen 2013 asti.

Liite 3. Päivitetyn virtausmallin virtaamat

Taulukko 30. Kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan päivitetyn virtausmallin virtaamat. (Leiviskä 2017)

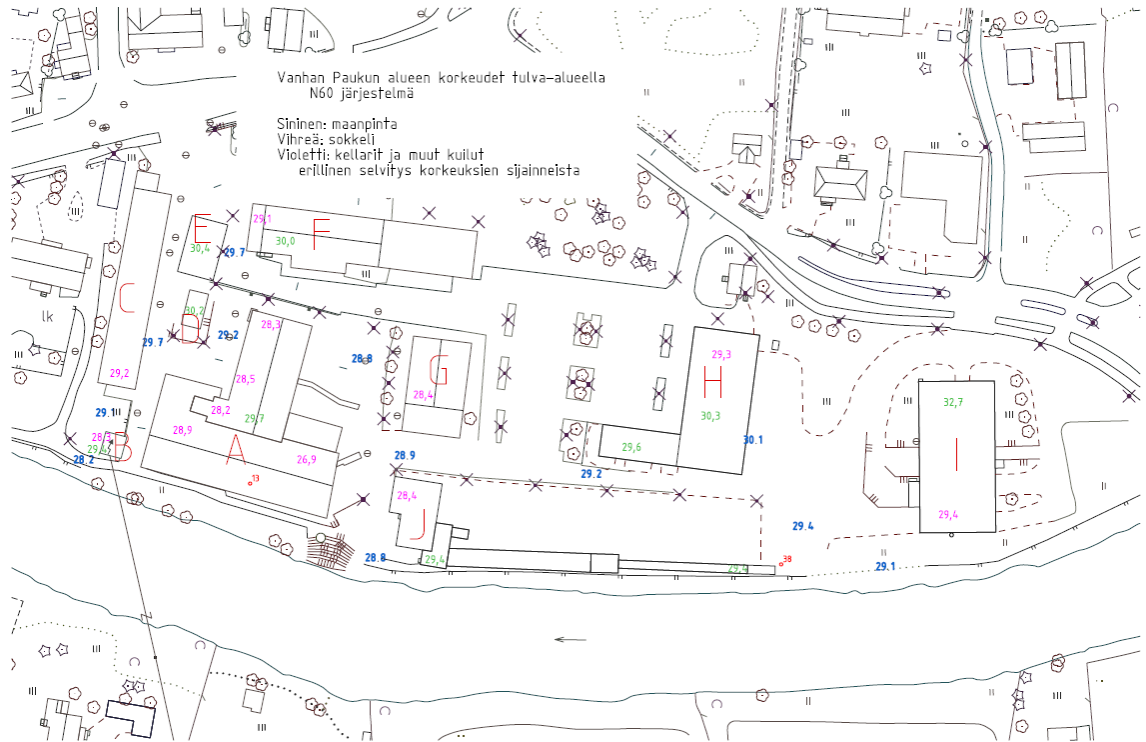
HQ1/100	Tampparin	Nurmonjoki	Kauhavanjoki	Keppo (SY)	Ämpäri	Haapoja	Löyhinki	Itäpuolen	Kauhavanjoki	Haapoja 1	Alaosa	tase
[kk/pp/vvvv]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[l/skm²]	[m³/s]	[m³/s]	
4/1/1984	4.6	1.4	0.4	16.1	0.0	-0.1	-0.5	-0.1	0.6	0.1	0.1	
4/2/1984	4.7	1.1	0.4	11.9	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	0.6	0.1	0.1	
4/3/1984	5.1	1.6	0.4	9.5	0.0	-0.1	0.2	0.1	0.6	0.1	0.1	
4/4/1984	6.9	2.5	0.4	10.5	0.0	0.1	-0.3	-0.1	0.7	0.1	0.1	
4/5/1984	9.3	3.6	0.4	12.8	0.0	0.0	-0.2	-0.1	0.7	0.1	0.1	
4/6/1984	10.7	5.1	0.4	15.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.7	0.1	0.1	
4/7/1984	10.9	6.6	0.5	17.4	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.7	0.1	0.2	
4/8/1984	12.5	8.0	0.7	19.4	0.0	0.0	-0.1	0.0	1.0	0.1	0.2	
4/9/1984	15.3	9.3	1.3	22.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.2	0.4	
4/10/1984	19.7	14.9	3.1	30.8	0.0	0.0	0.0	-0.1	4.8	0.6	1.1	
4/11/1984	25.7	21.6	7.1	50.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	11.0	1.4	2.4	
4/12/1984	35.9	27.9	12.6	83.6	0.3	0.0	1.3	0.3	19.4	2.4	4.3	
4/13/1984	59.4	30.3	19.4	136.7	0.5	-0.3	1.5	0.4	29.9	3.7	6.6	
4/14/1984	90.7	50.1	66.1	236.1	1.9	-0.2	17.4	3.9	102.1	12.7	22.6	
4/15/1984	115.7	51.2	87.5	364.8	2.2	0.9	15.8	3.3	135.0	16.7	29.8	
4/16/1984	125.0	49.7	102.4	392.0	2.0	0.8	14.0	2.7	157.9	19.6	34.9	
4/17/1984	131.4	49.2	104.7	349.3	1.5	0.5	10.5	2.0	161.6	20.0	35.7	
4/18/1984	136.4	45.9	95.2	340.8	0.7	0.2	5.1	1.0	146.9	18.2	32.5	
4/19/1984	138.5	41.8	81.9	292.8	0.3	0.1	2.3	0.5	126.4	15.7	27.9	
4/20/1984	138.8	44.4	66.5	271.4	0.2	0.1	1.6	0.4	102.6	12.7	22.7	
4/21/1984	138.7	51.9	63.3	254.8	0.2	0.1	1.2	0.3	97.7	12.1	21.6	
4/22/1984	137.3	50.7	66.5	246.8	0.2	0.1	1.2	0.3	102.6	12.7	22.7	
4/23/1984	134.7	46.6	68.7	259.1	0.1	0.1	0.8	0.2	106.0	13.1	23.4	
4/24/1984	130.9	46.5	59.3	288.7	0.1	0.0	0.6	0.1	91.6	11.4	20.2	
4/25/1984	124.8	44.9	47.8	304.3	0.1	0.0	0.7	0.2	73.8	9.1	16.3	
4/26/1984	116.6	41.1	36.3	298.0	0.1	0.0	0.6	0.1	55.9	6.9	12.4	
4/27/1984	108.1	36.5	29.2	265.0	0.1	0.0	0.5	0.1	45.0	5.6	9.9	
4/28/1984	100.9	33.1	27.6	248.0	0.1	0.0	0.4	0.1	42.6	5.3	9.4	
4/29/1984	95.5	30.8	30.8	240.5	0.1	0.0	0.4	0.1	47.5	5.9	10.5	
4/30/1984	92.2	29.2	32.1	232.8	0.1	0.0	0.4	0.1	49.6	6.1	11.0	

Liite 4. Päivitetyn virtausmallin maksimivedenkorkeuksia

Taulukko 31. Päivitetystä virtausmallinnuksesta poimittuja maksimivedenkorkeuksia (N_{60}) kerran 100 vuodessa toistuvan tulvan nykyavauskorkeuden ja lisäävauskorkeuden tulvatilanteiden paaluluvuille ja pengerrysalueille.

Sijainti	Nykyavauskorkeus ($N_{60}+m$)	Lisäävauskorkeus ($N_{60}+m$)
Koveron silta	33,83	33,83
Rautatiesilta	28,9	29,03
Kirkkosilta	28,8	28,94
Jukantuvan silta	28,75	28,91
Poutun silta	28,53	28,72
Tuomiston kynnys	28,39	28,59
Löyhingin kynnys	28,27	28,47
Eskelin luukku	28,24	28,44
Löyhingin luukku	27,89	28,09
Haapoja kynnys	27,61	27,83
Ämpin kynnys	27,48	27,69
Tuomiston silta	27,14	27,35
Pengerrysalue		
Itäpuoli	27,91	27,22
Löyhinki	27,35	26,91
Haapoja	27,35	26,91
Ämppi	26,08	26,23

Liite 6. Kulttuurikeskus Vanha Paukku



Kuva 40. Vanhan Paukun kulttuurikeskuksen rakennusten sokkelien ja kellareiden korkotasot, sekä maanpinnan korkotasot. (Lahti 2017)